

## ON VALUES OF CYCLOTOMIC POLYNOMIALS. VII

Kaoru MOTOSE

*Department of Mathematical System Science,  
Faculty of Science and Technology,  
Hirosaki University,  
Hirosaki 036-8561, Japan  
E-mail address skm@cc.hirosaki-u.ac.jp*

(Received June 11, 2004)

In this paper, we present three results on cyclotomic polynomials. First, we present results about factorization of cyclotomic polynomials over arbitrary fields  $K$ . It is well known in cases such that a field  $K$  is the rational number field  $\mathbf{Q}$  or a finite field  $\mathbf{F}_q$  (see [3, 4]).

Using irreducibility of cyclotomic polynomials over  $\mathbf{Q}$ , we can see that there are only finite elements of finite orders in a number field. On the other hand, we should correct some mistakes in [2, Corollary 1]. This mistake have no influence about another results in [2].

Finally, we state about relations between Fibonacci polynomials and cyclotomic polynomials. This idea is due to K. Kuwano who stated this in his book [1] written in Japanese.

### 1. Factorizations of cyclotomic polynomials over fields

The next theorem shows that irreducible factors of a cyclotomic polynomial  $\Phi_n(x)$  over an arbitrary field have the same degree.

**Theorem 1.** *Let  $K$  be a field. Then every irreducible factor  $f(x)$  of  $\Phi_n(x)$  in  $K[x]$  has the same degree. More precisely, let  $L$  be the minimal splitting field of  $\Phi_n(x)$  over a field  $K$  of characteristic  $p \geq 0$ . Then we obtain that  $L$  is Galois over  $K$ , the Galois group  $G$  of  $L$  over  $K$  is a subgroup of the unit group of  $\mathbf{Z}/m\mathbf{Z}$ , where  $m = n$  in case  $p = 0$  and  $n = p^e m$  with  $(m, p) = 1$  in case  $p > 0$ , and*

$$\deg f(x) = |G| = [L : K].$$

*Proof.* Let  $f(x)$  be a monic irreducible factor of  $\Phi_n(x)$  in  $K[x]$  and let  $\alpha \in L$  be a root of  $f(x)$ . Then  $n = p^e m$  by [2, Theorem 1] where  $m$  is the order of  $\alpha$  in  $L$  and  $m$  is not divided by  $p$ . Thus, we can see from the equation  $x^m - 1 = \prod_{d|m} \Phi_d(x)$  that

$$\Phi_m(x) = \prod_{(k,m)=1} (x - \alpha^k)$$

where  $(k, m) = 1$  and  $1 \leq k < m$ . Hence  $L = K(\alpha)$  is also the minimal splitting field of  $\Phi_m(x)$ , and  $L$  is Galois over  $K$  since  $\alpha$  is separable over  $K$ . Let  $G$  be the Galois group of  $L$  over  $K$ . Then the polynomial

$$g(x) = \prod_{\sigma \in G} (x - \sigma(\alpha))$$

is contained in  $K[x]$  and  $g(x)$  divides  $f(x)$  because  $f(\sigma(\alpha)) = \sigma(f(\alpha)) = 0$  for all  $\sigma \in G$ . On the other hand, noting  $f(x)$  is a minimal polynomial of  $\alpha$  over  $K$ , we can see that  $f(x)$  divides  $g(x)$ . Thus  $f(x) = g(x)$  is of degree  $|G| = [L : K]$ . For  $\sigma \in G$ , we can find  $\ell$  from  $f(x) = g(x)$  such that  $\sigma(\alpha) = \alpha^\ell$ ,  $(\ell, m) = 1$  and  $\ell \bmod m$  is uniquely determined by  $\sigma$ . Hence  $\sigma \rightarrow \ell \bmod m$  defines a group isomorphism from  $G$  to a subgroup of the unit group of  $\mathbf{Z}/m\mathbf{Z}$ .

Two extreme cases are important. First case,  $\Phi_n(x)$  is completely reducible over  $K$ , namely,  $\deg f(x) = 1$ . This case is formulated as follows:  $\Phi_n(x)$  is completely reducible over  $K$  if and only if  $K$  contains an element of order  $n$ .

Second case,  $\Phi_n(x)$  is irreducible over  $K$ , namely,  $\deg f(x) = \varphi(n)$ . This is difficult but important (see examples [3,5,7]).

We shall show some examples.

**Examples.** We set  $\zeta_n = e^{\frac{2\pi i}{n}}$  and  $n \geq 3$ .

1. Let  $\mathbf{F}_q$  be a finite field of order  $q = p^e$  for a prime  $p$ . Assume  $p$  is not divisor of  $n$  and  $m$  be the order of  $q \bmod n$ , then  $\mathbf{F}_{q^m}$  is the minimal splitting field of  $\Phi_n(x)$  over  $\mathbf{F}_q$ . Thus  $\Phi_n(x) \in \mathbf{F}_q[x]$  is factorized into irreducible polynomials of same degree  $m$ .
2. From example 1, we can see for prime  $p$  that  $\Phi_n$  is completely reducible over  $\mathbf{F}_p$  if and only if  $p \equiv 1 \pmod n$
3. From example 1, we can see for distinct primes  $p, q$  that  $\Phi_q(x)$  is irreducible over  $\mathbf{F}_p$  if and only if  $p$  is a primitive root of  $\mathbf{F}_q$ .
4. It follows from  $\mathbf{C} = \mathbf{R}(\zeta_n)$  that  $\Phi_n(x)$  has the next factorization of irreducible polynomials over  $\mathbf{R}$

$$\Phi_n(x) = \prod_k (x^2 - 2(\cos(\frac{2k\pi}{n}))x + 1)$$

where  $1 \leq k \leq \frac{\varphi(n)}{2}$ .

5. It is well known that  $\Phi_n(x)$  is irreducible in  $\mathbf{Q}[x]$ .

6. Let  $m$  be a divisor of  $n$ . Then  $\Phi_n(x)$  decomposes into irreducible polynomials of the same degree  $\frac{\varphi(n)}{\varphi(m)}$  since  $\mathbf{Q}(\zeta_n)$  is the minimal splitting field of  $\Phi_n(x)$  over  $\mathbf{Q}(\zeta_m)$ .
7. Assume  $(n, m) = 1$ . Then since every cyclotomic polynomial is irreducible over  $\mathbf{Q}$ , we have

$$\begin{aligned}\varphi(m)\varphi(n) &= \varphi(mn) = [\mathbf{Q}(\zeta_{mn}) : \mathbf{Q}] \\ &= [\mathbf{Q}(\zeta_{mn}) : \mathbf{Q}(\zeta_m)][\mathbf{Q}(\zeta_m) : \mathbf{Q}] \\ &= [\mathbf{Q}(\zeta_{mn}) : \mathbf{Q}(\zeta_m)]\varphi(m).\end{aligned}$$

Thus we obtain from  $\mathbf{Q}(\zeta_{mn}) = \mathbf{Q}(\zeta_m)(\zeta_n)$  that

$$\varphi(n) = [\mathbf{Q}(\zeta_{mn}) : \mathbf{Q}(\zeta_m)] = [\mathbf{Q}(\zeta_m)(\zeta_n) : \mathbf{Q}(\zeta_m)]$$

and  $\Phi_n(x)$  is irreducible over  $\mathbf{Q}(\zeta_m)$ .

8. We set  $\zeta = e^{\frac{2\pi i}{17}}$  and  $\sigma : \zeta \rightarrow \zeta^3$  is an automorphism of  $\mathbf{Q}(\zeta)$ . Since 3 is a primitive root of a finite field  $\mathbf{F}_{17}$ ,  $\sigma$  is a generator of a Galois group  $G$  of  $\mathbf{Q}(\zeta)$  over  $\mathbf{Q}$ . For a polynomial  $f(x) = \sum_t a_t x^t \in \mathbf{Q}(\zeta)[x]$ , We set  $f(x)^\sigma = \sum_t a_t^\sigma x^t$ .
- (a)  $\Phi_n(x) = \prod_{k=0}^7 f_k(x)$  over  $\mathbf{Q}(\zeta + \zeta^{-1})$  where  $f_0(x) = (x - \zeta)(x - \zeta^{-1})$  and  $f_k(x) = f_0(x)^{\sigma^k}$
- (b)  $\Phi_n(x) = \prod_{k=0}^3 f_k(x)$  over  $\mathbf{Q}(\zeta + \zeta^{-1} + \zeta^4 + \zeta^{-4})$  where  $f_0(x) = (x - \zeta)(x - \zeta^{-1})(x - \zeta^4)(x - \zeta^{-4})$  and  $f_k(x) = f_0(x)^{\sigma^k}$ .
- (c)  $\Phi_n(x) = f_0(x)f_1(x)$  over  $\mathbf{Q}(\sum_{t=0}^7 \zeta^{3^{2t}})$  where  $f_0(x) = \prod_{t=0}^7 (x - \zeta^{3^{2t}})$  and  $f_1(x) = f_0(x)^\sigma$ .

The next theorem follows from irreducibility of  $\Phi_n(x)$  over  $\mathbf{Q}$ .

**Theorem 2.** *Let  $K$  be a number field and let  $G$  be the set of elements of finite orders in  $K$ . Then  $G$  is a cyclic group of a finite order.*

*Proof.* It is enough to prove that  $G$  is finite. We set  $n = [K : \mathbf{Q}]$  and let  $S_\ell$  be the set of elements of order  $\ell$  in  $\mathbf{C}$ . Then  $S_\ell$  is the set of roots of  $\Phi_\ell(x)$  and so  $|S_\ell| = \varphi(\ell)$ . On the other hand if  $\eta \in S_\ell \cap K$ , then  $\mathbf{Q}(\eta)$  is a subfield of  $K$  and  $\varphi(\ell) = [\mathbf{Q}(\eta) : \mathbf{Q}]$  is a divisor of  $n$ . Moreover, we can see easily that the set  $T = \{\ell \in \mathbf{N} \mid \varphi(\ell) \text{ divides } n\}$  is finite. Thus the next inequality shows that  $G$  is finite.

$$|G| \leq \sum_{\varphi(\ell)|n} |S_\ell| = \sum_{\varphi(\ell)|n} \varphi(\ell) \leq |T|n.$$

where  $\ell$  ranges over the orders of elements in  $K$ .

**2. Is  $\Phi_n(x)$  strictly increasing for  $x \geq 1$  ?**

The next lemma is necessary for Theorem 3 (2).

**Lemma 1.** *Let  $\{p_s\}$ ,  $\{a_s\}$  and  $\{b_s\}$  be sequences such that*

$$a_1 = a, \quad b_1 = b, \quad a_s = p_s a_{s-1} - b_{s-1}, \quad b_s = p_s b_{s-1} - a_{s-1},$$

*Then we have*

$$2a_s = (a + b)\varphi_s + (a - b)\sigma_s, \quad 2b_s = (a + b)\varphi_s - (a - b)\sigma_s$$

*where  $\varphi_s = (p_s - 1) \cdots (p_2 - 1)$  and  $\sigma_s = (p_s + 1) \cdots (p_2 + 1)$ .*

*Proof* We set

$$A_s = \begin{pmatrix} p_s & -1 \\ -1 & p_s \end{pmatrix}, \quad \mathbf{a}_s = \begin{pmatrix} a_s \\ b_s \end{pmatrix},$$

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \text{ and } D_s = \begin{pmatrix} p_s - 1 & 0 \\ 0 & p_s + 1 \end{pmatrix}.$$

Then we have

$$\mathbf{a}_s = A_s \mathbf{a}_{s-1}, \quad B^2 = 2E, \quad \text{and } B^{-1} A_s B = D_s.$$

Hence

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_s &= A_s A_{s-1} \cdots A_2 \mathbf{a}_1 = B D_s D_{s-1} \cdots D_2 B^{-1} \mathbf{a}_1 \\ &= \frac{1}{2} B \begin{pmatrix} \varphi_s & 0 \\ 0 & \sigma_s \end{pmatrix} B \mathbf{a}_1 \\ &= \frac{1}{2} \begin{pmatrix} (a + b)\varphi_s + (a - b)\sigma_s \\ (a + b)\varphi_s - (a - b)\sigma_s \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Mistakes in [2, Corollary 1] should be corrected as in (1) of the next theorem.

**Theorem 3.**

(1)  $\Phi_n(x)$  is strictly increasing for  $x \geq 2$ .

(2) Let  $r$  is the number of distinct prime factors in  $n$  and let  $p_2$  is the second smallest prime divisor of  $n$ . Then  $\Phi_n(x)$  is strictly increasing for  $x \geq 1$  and  $p_2 \geq r$ .

*Proof.* (1) We have the next inequality from  $\Phi_n(x) = \prod_{d|n} (x^d - 1)^{\mu(\frac{n}{d})}$  and  $1 \geq \frac{d}{x^d - 1}$  for  $x \geq 2$ .

$$\begin{aligned} x \frac{\Phi'_n(x)}{\Phi_n(x)} &= \sum_{d|n} \mu\left(\frac{n}{d}\right) \frac{dx^d}{x^d - 1} \\ &= \sum_{d|n} \mu\left(\frac{n}{d}\right) d \left(1 + \frac{1}{x^d - 1}\right) = \varphi(n) + \sum_{d|n} \mu\left(\frac{n}{d}\right) \frac{d}{x^d - 1} \\ &> \varphi(n) - \sum_{\mu(\frac{n}{d})=-1} 1 = \varphi(n) - 2^{r-1} \geq 0 \end{aligned}$$

where  $\Phi'_n(x) = \partial_x \Phi_n(x)$  and  $r$  is the number of distinct prime factors in  $n$ .

(2) Let  $t$  be the product of distinct primes dividing  $n$ . Then we have  $\Phi_n(x) = \Phi_t(x^{\frac{n}{t}})$ . Thus we may assume  $n = p_1 p_2 \cdots p_r$  where  $p_1, p_2, \dots, p_r$  are distinct primes with  $p_1 < p_2 < \cdots < p_r$  and  $p_2 \geq r$ . First using the following inequality for a prime  $p$  and  $x > 1$ ,

$$p - 1 > \frac{(p-1)x^{p-1} + \cdots + 2x^2 + x}{x^{p-1} + \cdots + x + 1} > \frac{p-1}{2},$$

we have

$$p - 1 > x \frac{\Phi'_p(x)}{\Phi_p(x)} > \frac{p-1}{2} \quad (\#)$$

On the other hand we have for a prime  $p$  and  $(p, m) = 1$ ,

$$\Phi_{pm}(x) = \prod_{d|pm} (x^d - 1)^{\mu(\frac{pm}{d})} = \prod_{d|m} (x^{pd} - 1)^{\mu(\frac{m}{d})} \prod_{d|m} (x^d - 1)^{\mu(p\frac{m}{d})} = \frac{\Phi_m(x^p)}{\Phi_m(x)}.$$

Hence we have

$$x \frac{\Phi'_{pm}(x)}{\Phi_{pm}(x)} = px^p \frac{\Phi'_m(x^p)}{\Phi_m(x^p)} - x \frac{\Phi'_m(x)}{\Phi_m(x)} \quad (b)$$

Considering sequences such that

$$a_1 = p_1 - 1, \quad b_1 = \frac{p_1 - 1}{2}, \quad a_s = p_s a_{s-1} - b_{s-1}, \quad b_s = p_s b_{s-1} - a_{s-1},$$

we obtain the next inequality for every  $k$  and  $x > 1$  from equations (#) and (b)

$$a_k > x \frac{\Phi'_{d_k}(x)}{\Phi_{d_k}(x)} > b_k \quad \text{for } d_k = p_1 p_2 \cdots p_k$$

and we also have the formula of  $b_r$  from Lemma 1 that

$$2b_r = (a_1 + b_1)\varphi_r - (a_1 - b_1)\sigma_r = \frac{p_1 - 1}{2}(3\varphi_r - \sigma_r)$$

where  $\varphi_r = (p_r - 1) \cdots (p_2 - 1)$  and  $\sigma_r = (p_r + 1) \cdots (p_2 + 1)$ .

Noting  $\frac{s+1}{s-1} > \frac{t+1}{t-1}$  for  $t > s$ , we have from the assumption  $p_2 \geq r$ ,

$$\frac{\sigma_r}{\varphi_r} = \frac{p_2 + 1}{p_2 - 1} \cdots \frac{p_r + 1}{p_r - 1} \leq \frac{r + 1}{r - 1} \frac{r + 3}{r + 1} \cdots \frac{r + 2r - 3}{r + 2r - 5} = \frac{r + 2r - 3}{r - 1} = 3.$$

Therefore we have the conclusion

$$x \frac{\Phi'_n(x)}{\Phi_n(x)} > b_r \geq 0.$$

We believe that cyclotomic polynomial  $\Phi_n(x)$  for  $x \geq 1$  is strictly increasing. However, we can not prove this until now. We know only (2) in theorem 2. On the other hand, we know that curves of cyclotomic polynomials  $\Phi_n(x)$  are up and down between 0 and 1. For example, using software MATHEMATICA, please see beautiful curves of  $\Phi_{15}(x)$  and  $\Phi_{105}(x)$  between -1 and 1.

### 3. Fibonacci polynomials and cyclotomic polynomials

The original idea in this section is due to K. Kuwano in [1]. Noting the next polynomials of two variable  $x, y$  are symmetric, we can find a polynomial  $F_n(X, Y)$  of  $X = x + y, Y = xy$  such that

$$\frac{x^n - y^n}{x - y} = F_n(X, Y) \quad (\dagger)$$

For example,

$$F_0 = 0, F_1 = 1, F_2 = x + y = X, F_3 = x^2 + y^2 + xy = X^2 - Y.$$

From equation ( $\dagger$ ) we can see easily the following lemma.

**Lemma 2.**

(1)  $F_{m+n} = F_m F_{n+1} - Y F_{m-1} F_n$  for  $n \geq 0$  and  $m \geq 1$ . In particular,

$$F_{n+2} = X F_{n+1} - Y F_n \quad (\ddagger)$$

(2) If  $m$  is a divisor of  $n$ , then  $F_m$  is a divisor of  $F_n$ .

*Proof.* (1) It follows from equation ( $\dagger$ ) and the direct computation.

(2) Since  $x^m - y^m$  is a divisor of  $x^n - y^n$ , we have the assertion.

We can see from Equation ( $\ddagger$ ) that  $\{F_n(1, -1)\}$  is a Fibonacci sequence. We would like to call the polynomial  $F_n(X, Y)$  Fibonacci polynomial.

Relating this polynomial, we define the cyclotomic polynomial of two variables inductively as follows:

$$\Phi_1(x, y) = x - y, \quad x^n - y^n = \prod_{d|n} \Phi_d(x, y).$$

From this definition we can easily see the following results.

**Lemma 3.**

- (1)  $\Phi_n(x, y) = \prod_{d|n} (x^d - y^d)^{\mu(\frac{n}{d})}$ .
- (2)  $\Phi_n(x) = \Phi_n(x, 1)$ .
- (3)  $\Phi_n(x, y) = \Phi_n(y, x)$  for  $n \geq 2$ .

*Proof.* (1) It follows from Möbius inversion formula.

(2) It is clear from (1) and the definition of  $\Phi_n(x)$ .

(3) We can see from (1) and the formula  $\sum_{d|n} \mu(\frac{n}{d}) = 0$  for  $n \geq 2$ .

Since  $\Phi_n(x, y)$  is symmetric for  $n \geq 2$ , we can find a polynomial  $P_n(X, Y)$  of  $X = x + y, Y = xy$  such that  $\Phi_n(x, y) = P_n(X, Y)$ .

For examples,  $P_6 = x^2 + y^2 - xy = X^2 - 3Y$ .

**Theorem 4.** We set  $P_1 = 1$  for convenience.

- (1)  $P_n$  is irreducible in  $\mathbf{Z}[X, Y]$ .
- (2) We obtain the irreducible factorization  $F_n = \prod_{d|n} P_d$ .
- (3)  $P_n = \prod_{d|n} F_d^{\mu(\frac{n}{d})}$ .
- (4)  $(F_m, F_n) = F_{(m,n)}$  where  $(, )$  means greatest common divisor.  
In particular,  $(F_n, F_{n+1}) = 1$ .

*Proof.* (1) The assertion  $P_n \in \mathbf{Z}[X, Y]$  is clear from definition.

If  $P_n = ST$  for non constant polynomials  $S, T \in \mathbf{Q}[X, Y]$ , then we have

$$\Phi(x) = \Phi(x, 1) = P(x+1, x) = S(x+1, x)T(x+1, x)$$

for non constant polynomials  $S(x+1, x), T(x+1, x) \in \mathbf{Q}[x]$ , contrary to irreducibility of  $\Phi_n(x)$  over  $\mathbf{Q}$ .

(2) It follows from the next equation.

$$F_n(X, Y) = \frac{x^n - y^n}{x - y} = \prod_{1 < d|n} \Phi_d(x, y) = \prod_{d|n} P_d(X, Y).$$

(3) It follows from Möbius inversion formula.

(4) First we note that if  $P_d = P_{d'}$  then we have

$$\Phi_d(x) = \Phi_d(x, 1) = P_d(x+1, x) = P_{d'}(x+1, x) = \Phi_{d'}(x), \text{ and so } d = d'$$

since a primitive  $d$ -th root of 1 is also a primitive  $d'$ -th root of 1. We note also from Lemma 2 (2) that  $F_{(m,n)}$  is a common divisor of  $F_m$  and  $F_n$ .

If  $P_d$  is a common divisor of  $F_m$  and  $F_n$ , then  $d$  is a common divisor of  $m$  and  $n$  and so  $d$  is a divisor of  $(m, n)$ . Thus  $P_d$  is a divisor of  $F_{(m,n)}$ . Therefore, If  $D$  is a common divisor of  $F_m$  and  $F_n$ , then  $D$  is a divisor of  $F_{(m,n)}$  because  $D$  is a product of distinct irreducible polynomials  $P_d$ . This implies our assertion.

**References**

1. K. Kuwano, *The Design of Mathematic Workshop* (in Japanese), Scientist, 2004.
2. K. Motose, On values of cyclotomic polynomials, *Math. J. Okayama Univ.*, 35(1993), 35-40.
3. K. Motose, On values of cyclotomic polynomials. V, *Math. J. Okayama Univ.*, 45(2003), 29-36.
4. K. Motose, Let's use cyclotomic polynomials in your lectures for your students, *Proc. 36th Symposium on Ring theory and Representation Theory*, 2004, pp. 96-101, Yamanashi, Japan.

## Conjugate figures of the Poncelet pair in numerical range

Hiroshi NAKAZATO

*Hiroshi Nakazato*

*Department of Mathematical System Science,*

*Faculty of Science and Technology,*

*Hirosaki University*

*Hirosaki 036-8561, JAPAN*

*E-mail adress: nakahr@cc.hirosaki-u.ac.jp*

(Received June 11, 2004)

### Abstract

The author provides a method to generate a new Poncelet pair imprimitively from some Poncelet pair appeared in the numerical range of a matrix.

### 1. Conjugate figure for a classical Poncelet pair

We consider the following two circles  $C$  and  $D$  on the Euclidean plane  $\mathbf{R}^2$  identified with the Gaussian plane  $\mathbf{C}$ :

$$C = \{(x, y) \in \mathbf{R}^2 : x^2 + y^2 = 1\},$$
$$D = \left\{ (x, y) \in \mathbf{R}^2 : (x - a)^2 + y^2 = \frac{16}{25} \right\},$$

where  $a$  is a positive real number satisfying the equation

$$125a^6 - 575a^4 + 967a^2 - 5 = 0. \quad (1.1)$$

An approximate value of  $a$  is given by 0.0720181. We choose an arbitrary point  $P_0 = \exp(i\theta_0)$  of the unit circle  $C$ . There exists a pentagon with vertices  $P_j = \exp(i\theta_j)$  :

$$\theta_0 < \theta_1 < \theta_2 < \theta_3 < \theta_4 < \theta_0 + 2\pi,$$

( $j = 0, 1, 2, 3, 4$ ) which is inscribed in  $C$  and circumscribed in  $D$ . We use the convention

$$P_5 = P_0, \quad P_6 = P_1, \quad P_7 = P_2.$$

The equation (1.1) comes from the condition given by J. Steiner. We consider 5 pair of straight lines  $P_j P_{j+1}$  and  $P_{j+2} P_{j+3}$  ( $j = 0, 1, 2, 3, 4$ ) and their intersection  $Q_j$  ( $j = 0, 1, 2, 3, 4$ ). We use the convention  $Q_5 = Q_0$ . The successive line segments  $Q_j Q_{j+1}$  ( $j = 0, 1, 2, 3, 4$ ) form a star figure on the plane. If the point  $P_0$  moves on the unit circle  $C$ , then the point  $Q_0$  moves on the following

ellipse  $C'$  :

$$C' = \{(x, y) \in \mathbf{R}^2 : (625a^4 - 1250a^2 + 49)x^2 + a(-1250a^4 + 2500a^2 + 1950)x \\ + (-1600a^2 + 64)y^2 + (1225a^4 - 5010a^2 - 375) = 0.\} \quad (1.2)$$

The equation of the ellipse  $C'$  is given approximately by the following:

$$x^2 + 3.32365x + 1.30959y^2 - 9.42672 = 0. \quad (1.2')$$

We remark that  $C'$  and  $D$  form a Poncele pair. We choose an arbitrary point  $Q_0$  of the ellipse  $C'$ . Then there exists a star figure with 5 vertices whose vertices lie on the ellipse  $C'$  and whose sides are tangents of the circle  $D$ . You will find analogous Poncelet pairs in some computer generating figures by Jen-chung Chuan's students (cf. [C]).

## 2. Conjugate figure for the Poncelet pair in a numerical range

We consider the following  $4 \times 4$  real triangular matrix  $T$ .

$$T = \begin{pmatrix} 20/101 & 3960/4141 & 53460/252601 & -1401543/36627145 \\ 0 & -9/41 & 2400/2501 & -12584/72529 \\ 0 & 0 & 11/61 & 1716/1769 \\ 0 & 0 & 0 & -24/145 \end{pmatrix}, \quad (2.1)$$

This matrix is of the form

$$T = \begin{pmatrix} a_1 & \sqrt{1-a_1^2}\sqrt{1-a_2^2} & -a_2\sqrt{1-a_1^2}\sqrt{1-a_3^2} & a_3\sqrt{1-a_1^2}\sqrt{1-a_4^2} \\ 0 & a_2 & \sqrt{1-a_2^2}\sqrt{1-a_3^2} & -a_3\sqrt{1-a_2^2}\sqrt{1-a_4^2} \\ 0 & 0 & a_3 & \sqrt{1-a_3^2}\sqrt{1-a_4^2} \\ 0 & 0 & 0 & a_4 \end{pmatrix}, \quad (2.2)$$

for  $a_1 = 20/101$ ,  $a_2 = -9/41$ ,  $a_3 = 11/61$ ,  $a_4 = -24/145$ . A matrix  $T$  of the form (2.2) for  $-1 < a_j < 1$  ( $j = 1, 2, 3, 4$ ) satisfies  $\|T\| = 1$  and

$$\det(tI_4 - T^*T) = \det(tI_4 - TT^*) = (t-1)^3(t - a_1^2 a_2^2 a_3^2 a_4^2), \\ \det(tI_4 - T) = (t-a_1)(t-a_2)(t-a_3)(t-a_4).$$

Hence  $T$  is a completely non-unitary contraction and the rank of the deficiency operator  $(I_4 - T^*T)^{1/2}$  is of rank 1, hence  $T$  is in the class  $S_4$  (cf. [GW1], [GW2]). We consider  $T$  defined by (2.1) as a small perturbation of the shift matrix

$$T_0 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

in  $S_4$ . The numerical range  $W(T)$  of  $T$  is defined by

$$W(T) = \{\xi^* T \xi : \xi \in \mathbf{C}^4, \xi^* \xi = 1\}. \quad (2.2)$$

The numerical range of  $W(T_0)$  of  $T_0$  is given by

$$W(T_0) = \{z \in \mathbf{C} : |z| \leq \cos(\pi/5)\}.$$

Hence the regular pentagon with vertices at

$$P_k = \exp(i(\theta + \frac{2k\pi}{5}))$$

( $k = 0, 1, 2, 3, 4$ ) is inscribed in the unit circle and circumscribed in the circle  $\partial W(T_0)$ . We consider a star figure with vertices at

$$Q_k = \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \exp(i(\theta + \frac{(2k+3)\pi}{5})),$$

( $k = 0, 1, 2, 3, 4$ ). We consider a star figure with vertices at  $P_k$ 's and the corresponding regular pentagon with vertices at

$$R_k = \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \exp(i(\theta + \frac{(2k+3)\pi}{5})),$$

( $k = 0, 1, 2, 3, 4$ ). The vertices  $Q_k$ 's lie on the circle  $|z| = (3 + \sqrt{5})/2$  and the vertices  $R_k$ 's lie on the circle  $|z| = (3 - \sqrt{5})/2$ . The straight line joining  $P_0, P_1$  and the straight line joining  $P_2, P_4$  are parallel and those do not intersect on the Gaussian plane  $\mathbf{C}$ . If we extend  $\mathbf{C}$  to the Riemann sphere, then the two parallel lines intersect at the infinity point  $\infty$ .

An analogous object to  $|z| = \cos(\pi/5)$  for  $T$  is the boundary of  $W(T)$  or the boundary generating curve of  $W(T)$ . We shall consider the figure analogous to  $|z| = (3 + \sqrt{5})/2$ ,  $|z| = (3 - \sqrt{5})/2$  or  $\infty$  for the matrix  $T$ . It is given by the algebraic curve on the Gaussian plane defined by the equation

$$\begin{aligned} H(x, y) = & c_{00} + c_{10}x + c_{20}x^2 + c_{30}x^3 + c_{40}x^4 + c_{50}x^5 + c_{60}x^6 \\ & + c_{70}x^7 + c_{80}x^8 + c_{90}x^9 + c_{10,0}x^{10} + c_{11,0}x^{11} + c_{12,0}x^{12} \\ & + c_{02}y^2 + c_{12}xy^2 + c_{22}x^2y^2 + c_{32}x^3y^2 + c_{42}x^4y^2 + c_{52}x^5y^2 \\ & + c_{62}x^6y^2 + c_{72}x^7y^2 + c_{82}x^8y^2 + c_{92}x^9y^2 + c_{10,2}x^{10}y^2 \\ & + c_{04}y^4 + c_{14}xy^4 + c_{24}x^2y^4 + c_{34}x^3y^4 + c_{44}x^4y^4 \\ & + c_{54}x^5y^4 + c_{64}x^6y^4 + c_{74}x^7y^4 + c_{84}x^8y^4 \\ & + c_{06}y^6 + c_{16}xy^6 + c_{26}x^2y^6 + c_{36}x^3y^6 \\ & + c_{46}x^4y^6 + c_{56}x^5y^6 + c_{66}x^6y^6 \\ & + c_{08}y^8 + c_{18}xy^8 + c_{28}x^2y^8 + c_{38}x^3y^8 + c_{48}x^4y^8 \\ & + c_{0,10}y^{10} + c_{2,10}x^2y^{10} + c_{0,12}y^{12} = 0, \end{aligned}$$

where the coefficients are as the following :

$$\begin{aligned}
c_{00} &= 147091881137368866445032501290478391989, \\
c_{10} &= 42028951027212904497831189596706357782790, \\
c_{20} &= 2977764758100066128002234921298840047436205, \\
c_{30} &= -6397462623429059662690654485373112032047180, \\
c_{40} &= -412880180921964201640472826190728641417742210, \\
c_{50} &= 264382786265231620226846023176847442528515572, \\
c_{60} &= 15531863899156283880876051126527673577166186130, \\
c_{70} &= -1666570401351856224087715180549371302950463280, \\
c_{80} &= -85567694994413519675284331276248373877042579495, \\
c_{90} &= -610733107445941226247569209646062049034032490, \\
c_{10,0} &= 12943392578114723932402039061926544970234514689, \\
c_{11,0} &= 74635871311258034314281665348812902338662380, \\
c_{12,0} &= 107585039702950828285787656789503325374900, \\
c_{02} &= 3525897469814999159304439800141509021582476, \\
c_{12} &= 4905327473941779344312815862624193970827312, \\
c_{22} &= -80465906154576030935228420528175726909464432, \\
c_{32} &= 474380287853308634898564484877831445748759104, \\
c_{42} &= 46085666461943381910193132554771674981281588600, \\
c_{52} &= -5480958946148410853585064139446372116349329856, \\
c_{62} &= -379636923415344744005532488531142768376960799392, \\
c_{72} &= -2663027820280301886815750856527299804711227648, \\
c_{82} &= 69345626944452148694613735321311041091488017116, \\
c_{92} &= 384553676208571770949563554988582042139095120, \\
c_{10,2} &= -48103663870226952525225206516754238719048400, \\
c_{04} &= 468174950557979207360229831168057394877203094, \\
c_{14} &= 196955538574000277980019603232538094509228716, \\
c_{24} &= 44363030360121252444470046595445273211014863330, \\
c_{34} &= -6000519834030029249214066184919329480927375680, \\
c_{44} &= -631368742653008270972882108861816999917618127790, \\
c_{54} &= -4358156947981079403848331022273348874532656964, \\
c_{64} &= 147918296686502035486062868665357331226368554814, \\
c_{74} &= 790164790797252978084873143333043754448845080, \\
c_{84} &= -201606734321576490141555667346086541890534600, \\
c_{06} &= 13694486439186055489425723606358850587286614716, \\
c_{16} &= -2186979562418091761248585999873282102043104944, \\
c_{26} &= -466531240997809474869392146934102633312664461784,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{36} &= -3172108711223154307101189685839241138541104944, \\
 c_{46} &= 156971584206284513860663134374451968095498377036, \\
 c_{56} &= 809048222061303826318058771775389859271804320, \\
 c_{66} &= -314517879945017988265704145253135661130124400, \\
 c_{08} &= -129247539585998670598383655290782474232954697891, \\
 c_{18} &= -866257461045813670516297767879963928913163138, \\
 c_{28} &= 82838573743434797792178842210199571866350584649, \\
 c_{38} &= 412610602012028561378750627433730393429741980, \\
 c_{48} &= -217025718071447517628277731348257064296513100, \\
 c_{0,10} &= 17382515892037574950295424738959292217151260000, \\
 c_{1,10} &= 83809394483381227198710734925489065119950000, \\
 c_{2,10} &= -55897924225680272047123151051439983876500000, \\
 c_{0,12} &= 0.
 \end{aligned}$$

We present the figure of the outer connected component of the curve curve

$$\{(x, y) \in \mathbf{R}^2 : H(x, y) = 0\},$$

and the numerical range  $W(T)$  in Figure 1. The curve  $H(x, y) = 0$  and the boundary generating curve of  $W(T)$  form a new Poncelet pair. We present a star figure related with this pair in Figure 2.

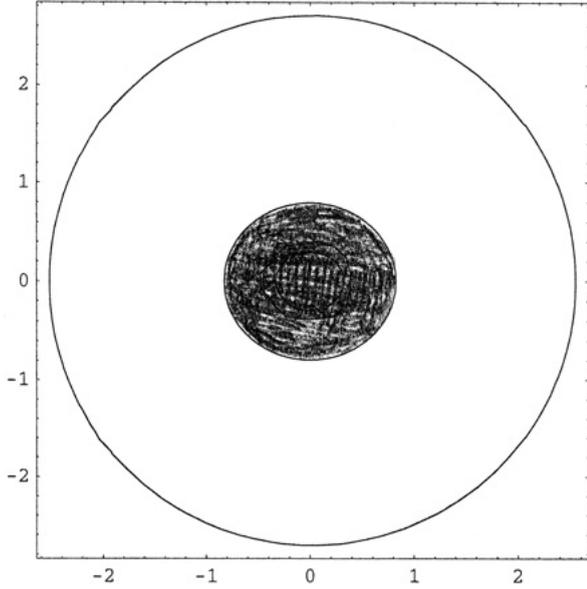


Figure 1

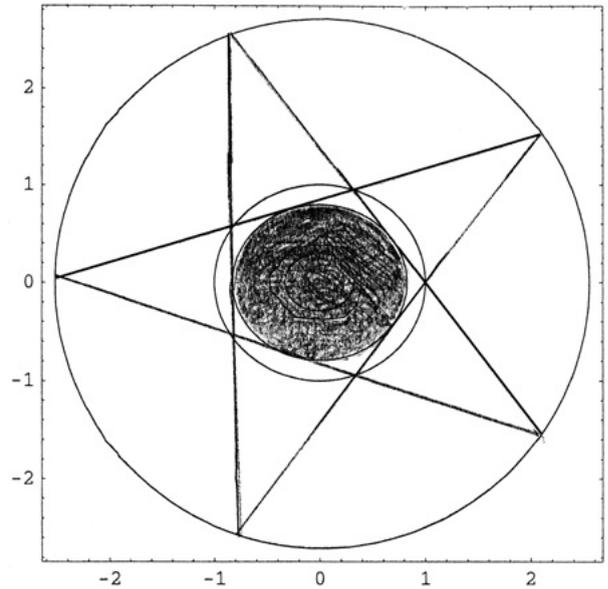


Figure 2

**References**

[C] J.C. Chuan : [http:// steiner.math.nthu.edu.tw/gc-02/gc1802/1204/1204.html](http://steiner.math.nthu.edu.tw/gc-02/gc1802/1204/1204.html).

[G-W 1] H.W. Gau and P. Y. Wu: " Numerical Range of  $S(\phi)$ ", Linear and Multilinear Algebra, 45 (1998), pp. 49-73.

[G-W 2] H.W. Gau and P. Y. Wu: Numerical range and Poncelet property, Taiwanese Journal of Mathematics, **7**(2003), 173-193.

## A Note on the Optimality of Riemannian Cubic Polynomials

Koya IKUTA\* and Makoto SAKAKI

*Department of Mathematical System Science, Faculty of Science and  
Technology, Hirosaki University, Hirosaki 036-8561, Japan*

*E-mail address: sakaki@cc.hirosaki-u.ac.jp*

*\*Department of Mathematical System Science, Graduate School of Science  
and Technology, Hirosaki University, Hirosaki 036-8561, Japan*

(Received June 11, 2004)

### Abstract

In this note, we discuss the optimality of Riemannian cubic polynomials.

### 1. Introduction

The dynamic interpolation problem on Riemannian manifolds is a geometric variational problem to minimize the  $L^2$ -norm of acceleration of curves in Riemannian manifolds under some boundary and relay points conditions (cf. [1] and [2]). It is a kind of spline interpolation problems. It is originally motivated by nonlinear control problems such as robot motion plannings and flight controls of aircrafts. The solution of the Euler-Lagrange equation is called a Riemannian cubic polynomial. Then it is important to study the optimality.

In [1, Th.8.2], Camarinha, Crouch and Silva Leite obtained an optimality condition for cubic polynomials in general Riemannian manifolds. In this note, we improve their result, and consider the particular case in the hyperbolic space.

### 2. Preliminaries

In this section, following [1] and [2], we recall some basic facts on Riemannian cubic polynomials.

Let  $M$  be a Riemannian manifold. For a  $C^1$  piecewise smooth curve  $c : [0, T] \rightarrow M$ , set

$$J(c) = \frac{1}{2} \int_0^T \left\langle \frac{D^2c}{dt^2}, \frac{D^2c}{dt^2} \right\rangle dt,$$

where  $D/dt$  is the covariant derivative. Let  $\Omega$  be the set of all  $C^1$  piecewise smooth curves  $c : [0, T] \rightarrow M$  satisfying the boundary conditions

$$c(0) = p, \quad c(T) = q, \quad \frac{dc}{dt}(0) = v, \quad \frac{dc}{dt}(T) = w.$$

We consider the variational problem for the functional  $J$  on  $\Omega$ .

The Euler-Lagrange equation is given by

$$\frac{D^3V}{dt^3} + R\left(\frac{DV}{dt}, V\right)V = 0,$$

where  $V = dc/dt$  and  $R$  is the curvature tensor. The solution of this equation is called a Riemannian cubic polynomial.

Remark. If  $M$  is the Euclidean space, then it is just a cubic polynomial curve.

For a cubic polynomial  $c$ , the index form  $I_c$  associated with the second variation is given by

$$I_c(X, Y) = \int_0^T \left\{ \left\langle \frac{D^2X}{dt^2}, \frac{D^2Y}{dt^2} \right\rangle + \langle X, F(Y, V) \rangle \right\} dt,$$

in  $T_c\Omega$  of all  $C^1$  piecewise smooth vector fields  $X$  along  $c$  satisfying the boundary conditions

$$X(0) = 0, \quad X(T) = 0, \quad \frac{DX}{dt}(0) = 0, \quad \frac{DX}{dt}(T) = 0,$$

where

$$\begin{aligned} F(Y, V) = & (\nabla_V^2 R)(Y, V)V + (\nabla_Y R)(\nabla_V V, V)V + R(R(Y, V)V, V)V \\ & + R(Y, \nabla_V^2 V)V + 2\{(\nabla_V R)(\nabla_V Y, V)V + (\nabla_V R)(Y, \nabla_V V)V\} \\ & + 2R(\nabla_V^2 Y, V)V + 3(\nabla_V R)(Y, V)\nabla_V V \\ & + 3\{R(Y, V)\nabla_V^2 V + R(Y, \nabla_V V)\nabla_V V\} + 4R(\nabla_V Y, V)\nabla_V V, \end{aligned}$$

and  $\nabla$  is the Riemannian connection. If  $I_c$  is positive definite in  $T_c\Omega$ , then  $c$  is a local minimizer of  $J$ .

Remark. If  $M$  is the Euclidean space, then every cubic polynomial is a local minimizer.

### 3. Lemmas

In the following, we use the prime to represent the covariant derivative.

**Lemma 1.** *Let  $c : [a, b] \rightarrow M$  be a smooth curve, and  $X$  be a  $C^0$  piecewise smooth vector field along  $c$  satisfying  $X(a) = 0$ . Then*

$$\|X(t)\|^2 \leq (b-a) \int_a^b \|X'(\theta)\|^2 d\theta, \quad t \in [a, b].$$

Proof. It is shown in the proof of Lemma 8.1 of [1].

**Lemma 2.** *Let  $c : [0, T] \rightarrow M$  be a cubic polynomial. Then for  $X \in T_c\Omega$ ,*

$$\begin{aligned} \langle F(X, V), X \rangle &= \frac{d}{dt} \{ \langle (\nabla_V R)(X, V)V, X \rangle + \langle R(X, V')V, X \rangle \\ &\quad + 2\langle R(X', V)V, X \rangle + 3\langle R(X, V)V', X \rangle \} \\ &\quad + \langle R(X, V)V, R(X, V)V \rangle + A, \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned} A &= -\langle R(X, V')V', X \rangle - 2\langle 3R(X, V)V' + R(X', V)V + R(X, V')V, X' \rangle \\ &\quad - \langle (\nabla_V R)(X, V)V' - (\nabla_X R)(V', V)V + 2(\nabla_V R)(X', V)V, X \rangle. \end{aligned}$$

Proof. It can be shown by a direct computation.

Remark. By Lemma 2, we have

$$I_c(X, X) \geq \int_0^T \|X''\|^2 dt - \int_0^T |A| dt$$

for  $X \in T_c\Omega$ . The inequality (34) of [1] should be changed to the above inequality.

#### 4. Results

**Theorem 1.** *Let  $c : [0, T] \rightarrow M$  be a cubic polynomial. Suppose that*

$$T^3 f(T) + T^2 g(T) + Th(T) < 1,$$

where

$$\begin{aligned} f(T) &= \int_0^T \{ R(c) \|V'\|^2 + 2(\nabla R)(c) \|V\|^2 \|V'\| \} dt, \\ g(T) &= \int_0^T \{ 8R(c) \|V\| \|V'\| + 2(\nabla R)(c) \|V\|^3 \} dt, \quad h(T) = \int_0^T 2R(c) \|V\|^2 dt. \end{aligned}$$

Then  $c$  is a local minimizer.

Proof. First we have

$$\begin{aligned} |A| &\leq R(c) \|X\|^2 \|V'\|^2 + 8R(c) \|X\| \|X'\| \|V\| \|V'\| + 2R(c) \|X'\|^2 \|V\|^2 \\ &\quad + 2(\nabla R)(c) \|X\|^2 \|V\|^2 \|V'\| + 2(\nabla R)(c) \|X\| \|X'\| \|V\|^3, \end{aligned}$$

where  $R(c)$  and  $(\nabla R)(c)$  denote the norms of  $R$  and  $\nabla R$  along  $c$  respectively. Using Lemma 1, we can find that

$$|A| \leq \{T^3 R(c) \|V'\|^2 + 8T^2 R(c) \|V\| \|V'\| + 2TR(c) \|V\|^2 + 2T^3 (\nabla R)(c) \|V\|^2 \|V'\| + 2T^2 (\nabla R)(c) \|V\|^3\} \int_0^T \|X''\|^2 dt.$$

Integrating this inequality, we have

$$\int_0^T |A| dt \leq (T^3 f(T) + T^2 g(T) + Th(T)) \int_0^T \|X''\|^2 dt.$$

Hence, by using Lemma 2, we get

$$I_c(X, X) \geq \{1 - (T^3 f(T) + T^2 g(T) + Th(T))\} \int_0^T \|X''\|^2 dt$$

for  $X \in T_c \Omega$ . By the assumption,  $I_c$  is positive definite in  $T_c \Omega$ , and  $c$  is a local minimizer.

Remark. The estimate in Theorem 1 is better than that in [1, Th.8.2].

**Theorem 2.** *Let  $c : [0, T] \rightarrow H^n$  be a cubic polynomial in the  $n$ -dimensional hyperbolic space  $H^n$  of constant curvature  $-1$ . If*

$$16T^2 \int_0^T \|V\| \|V'\| dt < 1,$$

*then  $c$  is a local minimizer.*

Proof. Since the ambient space is  $H^n$ ,

$$\begin{aligned} A &= \|X\|^2 \|V'\|^2 - \langle X, V' \rangle^2 + 6(\langle X', X \rangle \langle V', V \rangle - \langle X', V \rangle \langle V', X \rangle) \\ &+ 2(\|X'\|^2 \|V\|^2 - \langle X', V \rangle^2) + 2(\langle X', X \rangle \langle V, V' \rangle - \langle X', V' \rangle \langle V, X \rangle) \\ &\geq 6(\langle X', X \rangle \langle V', V \rangle - \langle X', V \rangle \langle V', X \rangle) \\ &+ 2(\langle X', X \rangle \langle V, V' \rangle - \langle X', V' \rangle \langle V, X \rangle) =: B. \end{aligned}$$

So, by Lemma 2,

$$I_c(X, X) \geq \int_0^T \|X''\|^2 dt - \int_0^T |B| dt$$

for  $X \in T_c \Omega$ . Using Lemma 1, we can see that

$$|B| \leq 16 \|V\| \|V'\| \|X\| \|X'\| \leq 16T^2 \|V\| \|V'\| \int_0^T \|X''\|^2 dt.$$

Thus we have

$$I_c(X, X) \geq \left\{ 1 - 16T^2 \int_0^T \|V\| \|V'\| dt \right\} \int_0^T \|X''\|^2 dt$$

for  $X \in T_c\Omega$ . By the assumption,  $I_c$  is positive definite in  $T_c\Omega$ , and  $c$  is a local minimizer.

## References

- [1] M. Camarinha, P. Crouch and F. Silva Leite, On the geometry of Riemannian cubic polynomials, *Diff. Geom. Appl.* 15 (2001), 107-135.
- [2] P. Crouch and F. Silva Leite, The dynamic interpolation problem on Riemannian manifolds, Lie groups, and symmetric spaces, *J. Dynam. Control Systems* 1 (1995), 177-202.
- [3] K. Ikuta, The dynamic interpolation problem and cubic polynomials on Riemannian manifolds, Master Thesis, Hirosaki University, 2004.



## Efficient Solutions of Multicriteria Location Problems with Rectilinear Norm in $\mathbb{R}^n$

Masamichi KON

Department of Mathematical System Science,  
Faculty of Science and Technology,  
Hirosaki University,  
Hirosaki 036-8561, Japan  
E-mail address: masakon@cc.hirosaki-u.ac.jp

(Received June 11, 2004)

### Abstract

A multicriteria location problem with rectilinear norm in  $\mathbb{R}^n$  is considered. We propose an algorithm to find all efficient solutions of the problem.

### 1. Introduction

Given demand points in  $\mathbb{R}^n$ , a problem to locate a new facility in  $\mathbb{R}^n$  is called a single facility location problem. This problem is usually formulated as a minimization problem with an objective function involving distances between the facility and demand points. It is assumed that  $m$  demand points  $\mathbf{d}_i \equiv (d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^n)^T \in \mathbb{R}^n$ ,  $i \in M \equiv \{1, 2, \dots, m\}$  and rectilinear norm  $\|\cdot\|_1$  defined on  $\mathbb{R}^n$  are given. Let  $\mathbf{x} \equiv (x^1, x^2, \dots, x^n)^T \in \mathbb{R}^n$  be the variable location of the facility, and we put  $D \equiv \{\mathbf{d}_1, \mathbf{d}_2, \dots, \mathbf{d}_m\}$ . Without loss of generality, it is assumed that  $D \not\subset \{(x^1, x^2, \dots, x^n)^T \in \mathbb{R}^n : x^j = x_0\}$  for each  $j \in J \equiv \{1, 2, \dots, n\}$  and any  $x_0 \in \mathbb{R}$ . If its assumption is not satisfied, then our  $n$ -dimensional problem reduces to a problem whose dimension is less than  $n$ . Our main problem is a multicriteria location problem formulated as follows:

$$(P) \quad \min_{\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \equiv (\|\mathbf{x} - \mathbf{d}_1\|_1, \|\mathbf{x} - \mathbf{d}_2\|_1, \dots, \|\mathbf{x} - \mathbf{d}_m\|_1)^T.$$

(P) is a problem to find an efficient solution. A point  $\mathbf{x}_0 \in \mathbb{R}^n$  is called an *efficient solution* of (P) if there is no  $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$  such that  $\mathbf{f}(\mathbf{x}) \leq \mathbf{f}(\mathbf{x}_0)$  and  $\mathbf{f}(\mathbf{x}) \neq \mathbf{f}(\mathbf{x}_0)$ . Let  $E(D)$  be the set of all efficient solutions of (P). By the definition of the efficiency, each demand point is efficient in (P). We also consider a minisum location problem formulated as follows:

$$(P_\lambda) \quad \min_{\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n} g(\mathbf{x}) \equiv \sum_{i=1}^m \lambda^i \|\mathbf{x} - \mathbf{d}_i\|_1$$

where  $\lambda^i$  is a positive weight for each  $\mathbf{d}_i$ ,  $i \in M$ . We put  $\boldsymbol{\lambda} \equiv (\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^m)^T$  and denote the set

of all optimal solutions of  $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$  as  $S^*(\boldsymbol{\lambda})$ .

In  $\mathbb{R}^2$  and  $\mathbb{R}^3$ , the set of all efficient solutions of  $(P)$  can be determined by using algorithms in [1] and [6], respectively.  $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$  can be solved by using an algorithm in [2]. In this article,  $(P)$  and  $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$  with rectilinear norm in  $\mathbb{R}^n$  are considered. Then we propose the Frame Generating Algorithm to find  $E(D)$ .

In section 2, we give some properties of optimal solutions of  $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$ . In section 3, we give some properties of efficient solutions of  $(P)$  by using properties of optimal solutions of  $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$ . In section 4, we propose the Frame Generating Algorithm to find  $E(D)$ . Finally, we give some conclusions in section 5.

## 2. Optimality for $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$

In this section, we give some properties of optimal solutions of  $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$ .

The following theorem gives the relation between efficient solutions of  $(P)$  and optimal solutions of  $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$ .

**Theorem 1.** (See [7].) *A point  $\mathbf{x}_0 \in \mathbb{R}^n$  is an efficient solution of  $(P)$  if and only if  $\mathbf{x}_0$  is an optimal solution of  $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$  for some  $\boldsymbol{\lambda} > \mathbf{0}$ .*

From Theorem 1,  $E(D)$  can be expressed as

$$(1) \quad E(D) = \{\mathbf{x}^* \in \mathbb{R}^n : \mathbf{x}^* \in S^*(\boldsymbol{\lambda}) \text{ for some } \boldsymbol{\lambda} > \mathbf{0}\}.$$

Thus, in the following, we investigate properties of optimal solutions of  $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$ .

Since the objective function of  $(P_{\boldsymbol{\lambda}})$ ,  $g$ , can be rewritten as

$$g(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m \lambda^i \|\mathbf{x} - \mathbf{d}_i\|_1 = \sum_{i=1}^m \lambda^i \sum_{j=1}^n |x^j - d_i^j| = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \lambda^i |x^j - d_i^j|,$$

$(P_{\boldsymbol{\lambda}})$  reduces to  $n$  independent one-dimensional problems. Namely,  $\mathbf{x}^* \equiv (x^{1*}, x^{2*}, \dots, x^{n*})^T \in S^*(\boldsymbol{\lambda})$  if and only if each  $x^{j*}$ ,  $j \in J$  is an optimal solution of the following one-dimensional problem:

$$(P_j) \quad \min_{x \in \mathbb{R}} g_j(x) \equiv \sum_{i=1}^m \lambda^i |x - d_i^j|.$$

These one-dimensional problems can be solved by using an algorithm in [2]. For each  $j \in J$ , we denote all optimal solutions of  $(P_j)$  for  $\boldsymbol{\lambda}$  as  $S_j^*(\boldsymbol{\lambda})$ . In the following, we concentrate on  $(P_1)$ . In other  $(P_j)$ ,  $j \in \{2, 3, \dots, n\}$ , we have the same results as in  $(P_1)$ .

Let  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  be a convex function. We denote its left and right derivatives and subdifferential, respectively, as  $\frac{df(x)}{dx^-}$ ,  $\frac{df(x)}{dx^+}$  and  $\partial f(x)$ . Namely,

$$\frac{df(x)}{dx^-} = \lim_{\alpha \uparrow 0} \frac{f(x + \alpha) - f(x)}{\alpha}, \quad \frac{df(x)}{dx^+} = \lim_{\alpha \downarrow 0} \frac{f(x + \alpha) - f(x)}{\alpha}$$

and

$$\partial f(x) = \left[ \frac{df(x)}{dx^-}, \frac{df(x)}{dx^+} \right] \equiv \left\{ y \in \mathbb{R} : \frac{df(x)}{dx^-} \leq y \leq \frac{df(x)}{dx^+} \right\}.$$

Note that  $x_0$  minimizes  $f$  over  $\mathbb{R}$  if and only if  $0 \in \partial f(x_0)$  (see, for example, [4]).

For  $x \in \mathbb{R}$ , we put  $L(x) \equiv \{i \in M: d_i^1 < x\}$ ,  $R(x) \equiv \{i \in M: d_i^1 > x\}$ , and  $I(x) \equiv \{i \in M: d_i^1 = x\}$ . The objective function of  $(P_1)$ ,  $g_1$ , is a piecewise linear convex function. It is not differentiable only at each  $d_k^1$ ,  $k \in M$ , and we have

$$\left. \frac{dg_1(x)}{dx^-} \right|_{x=d_k^1} = \sum_{i \in L(d_k^1)} \lambda^i - \sum_{i \in R(d_k^1) \cup I(d_k^1)} \lambda^i, \quad \left. \frac{dg_1(x)}{dx^+} \right|_{x=d_k^1} = \sum_{i \in L(d_k^1) \cup I(d_k^1)} \lambda^i - \sum_{i \in R(d_k^1)} \lambda^i$$

and

$$(2) \quad \partial g_1(d_k^1) = \left[ \sum_{i \in L(d_k^1)} \lambda^i - \sum_{i \in R(d_k^1) \cup I(d_k^1)} \lambda^i, \sum_{i \in L(d_k^1) \cup I(d_k^1)} \lambda^i - \sum_{i \in R(d_k^1)} \lambda^i \right].$$

From (2),  $d_k^1 \in S_1^*(\lambda)$  if and only if

$$(3) \quad \begin{cases} \left. \frac{dg_1(x)}{dx^-} \right|_{x=d_k^1} = \sum_{i \in L(d_k^1)} \lambda^i - \sum_{i \in R(d_k^1) \cup I(d_k^1)} \lambda^i \leq 0, \\ \left. \frac{dg_1(x)}{dx^+} \right|_{x=d_k^1} = \sum_{i \in L(d_k^1) \cup I(d_k^1)} \lambda^i - \sum_{i \in R(d_k^1)} \lambda^i \geq 0. \end{cases}$$

We put  $d_{\min} \equiv \min\{d_i^1: i \in M\}$  and  $d_{\max} \equiv \max\{d_i^1: i \in M\}$ .

**Lemma 1.** ([6]) *For any fixed  $\lambda > \mathbf{0}$ ,  $S_1^*(\lambda) \subset [d_{\min}, d_{\max}]$ .*

### 3. Properties of Efficient Solutions

In this section, we give some properties of efficient solutions of (P) by using properties of optimal solutions of  $(P_\lambda)$ .

For  $\mathbf{x}_0 \equiv (x_0^1, x_0^2, \dots, x_0^n)^T \in \mathbb{R}^n$ ,  $\mathbf{x}_0$  is called *an intersection point* if  $x_0^j \in \{d_i^j: i \in M\}$ ,  $j \in J$ . We denote the set of all intersection points as  $I$ , and put

$$d_{\min}^j \equiv \min\{d_i^j: i \in M\}, \quad d_{\max}^j \equiv \max\{d_i^j: i \in M\}, \quad j \in J.$$

Then

$$B \equiv \{(x^1, x^2, \dots, x^n)^T \in \mathbb{R}^n : d_{\min}^j \leq x^j \leq d_{\max}^j, j \in J\}$$

is called *the intersection box* (see Figure 1). From Theorem 1 and Lemma 1,  $E(D) \subset B$ .

Let  $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  be the canonical basis of  $\mathbb{R}^n$ , that is, for each  $e_j$ ,  $j \in J$ , the  $j$ th component is one and the others are zero. Let  $\mathbf{x}_k \equiv (x_k^1, x_k^2, \dots, x_k^n)^T$  and  $\mathbf{x}_h \equiv (x_h^1, x_h^2, \dots, x_h^n)^T$  be intersection points. For each  $j \in J$ , we call  $\mathbf{x}_k$  *an  $e_j$ -oriented intersection point* (resp. *a  $-e_j$ -oriented intersection point*) *adjacent to  $\mathbf{x}_h$*  if  $x_k^j > x_h^j$  (resp.  $x_k^j < x_h^j$ ) and  $x_k^{j'} = x_h^{j'}$  for  $j' \neq j$  and

there is no  $\mathbf{x}_s \equiv (x_s^1, x_s^2, \dots, x_s^n)^T \in I$  such that  $x_h^j < x_s^j < x_k^j$  (resp.  $x_k^j < x_s^j < x_h^j$ ).

For each  $j \in J$ , let  $d_{[1]}^j, d_{[2]}^j, \dots, d_{[m_j]}^j$  be all distinct real numbers among  $d_1^j, d_2^j, \dots, d_m^j$  such that  $d_{[1]}^j < d_{[2]}^j < \dots < d_{[m_j]}^j$ , and we put

$$F_{2k-1}^j \equiv \{d_{[k]}^j\}, \quad k = 1, 2, \dots, m_j$$

and

$$F_{2k}^j \equiv [d_{[k]}^j, d_{[k+1]}^j], \quad k = 1, 2, \dots, m_j - 1.$$

For each  $k_j \in \{1, 2, \dots, 2m_j - 1\}$ ,  $j \in J$ ,  $F_{k_1}^1 \times F_{k_2}^2 \times \dots \times F_{k_n}^n$  is called a *box*. Moreover, if  $k$  numbers are even among  $k_1, k_2, \dots, k_n$ , then  $F_{k_1}^1 \times F_{k_2}^2 \times \dots \times F_{k_n}^n$  is called *k-dimensional box* (see Figure 1).

For any fixed  $\boldsymbol{\lambda} > \mathbf{0}$ ,  $S^*(\boldsymbol{\lambda}) = F_{k_1}^1 \times F_{k_2}^2 \times \dots \times F_{k_n}^n$  for some  $k_j \in \{1, 2, \dots, 2m_j - 1\}$ ,  $j \in J$ . Therefore,  $E(D)$  is the union of some boxes. The union of all one-dimensional boxes in  $E(D)$  is called *the frame of  $E(D)$* .

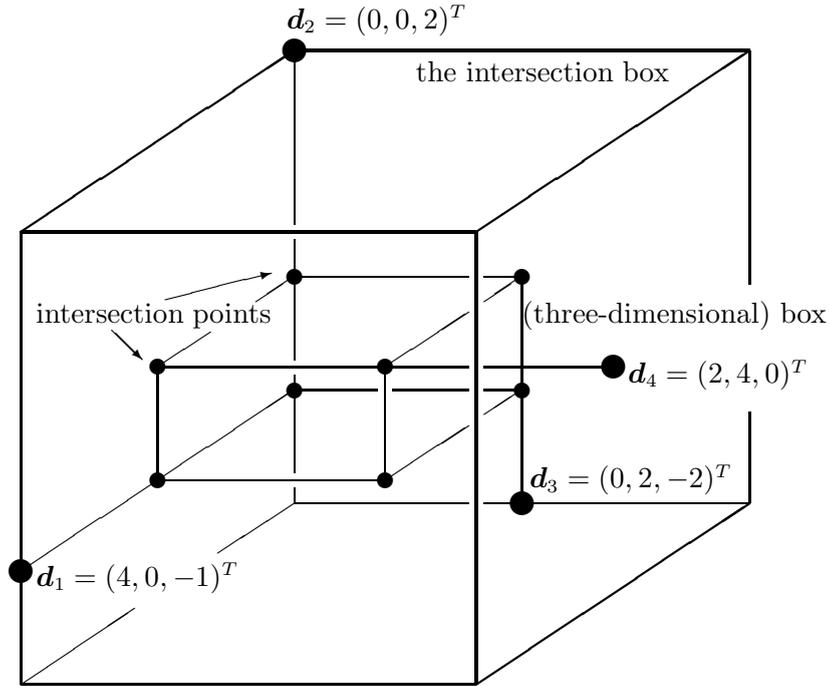


Figure 1. Intersection points, the intersection box, a box.

**Theorem 2.** ([10]) Let  $h_1(w)$  and  $h_2(w)$  be convex functions defined on  $\mathbb{R}$ , where  $h_i$  is minimized at  $w_i$ ,  $i = 1, 2$  and  $w_1 < w_2$ . Then, given any  $\bar{w} \in [w_1, w_2]$ , there exists  $\theta \in [0, 1]$  such that  $\bar{w}$  minimizes  $\theta h_2(w) + (1 - \theta)h_1(w)$ .

The following corollary can be shown by the same way as the proof of Corollary 1 in [6].

**Corollary 1.** For  $\mathbf{x}_1 \equiv (x_1^1, x_1^2, \dots, x_1^n)^T$ ,  $\mathbf{x}_2 \equiv (x_2^1, x_2^2, \dots, x_2^n)^T \in B$ , it is assumed that  $x_1^{j_0} \neq x_2^{j_0}$  for some  $j_0 \in J$  and  $x_1^j = x_2^j$ ,  $j \neq j_0$ . We put  $\mathbf{x}^* \equiv \alpha \mathbf{x}_1 + (1 - \alpha)\mathbf{x}_2$ ,  $\alpha \in (0, 1) \equiv \{y \in \mathbb{R}: 0 < y < 1\}$ . If  $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2 \in E(D)$ , then  $\mathbf{x}^* \in E(D)$ .

**Proof.** Without loss of generality, we assume that  $x_1^1 < x_2^1$ ,  $x_1^j = x_2^j$ ,  $j \in \{2, 3, \dots, n\}$ . Since

$\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2 \in E(D)$ ,  $\mathbf{x}_1 \in S^*(\boldsymbol{\lambda}_1)$  and  $\mathbf{x}_2 \in S^*(\boldsymbol{\lambda}_2)$  for some  $\boldsymbol{\lambda}_1 > \mathbf{0}$  and  $\boldsymbol{\lambda}_2 > \mathbf{0}$  by Theorem 1. Thus,  $x_1^j \in S_1^*(\boldsymbol{\lambda}_1)$ ,  $x_2^j \in S_1^*(\boldsymbol{\lambda}_2)$  and  $x_1^j, x_2^j \in S_j^*(\boldsymbol{\lambda}_1) \cap S_j^*(\boldsymbol{\lambda}_2)$ ,  $j \in \{2, 3, \dots, n\}$ . For each  $j \in \{2, 3, \dots, n\}$ , if we put  $x^{j*} \equiv \alpha x_1^j + (1 - \alpha)x_2^j$ , then  $x^{j*} \in S_j^*(\theta\boldsymbol{\lambda}_1 + (1 - \theta)\boldsymbol{\lambda}_2)$  for any  $\theta \in [0, 1]$ . We put  $x^{1*} \equiv \alpha x_1^1 + (1 - \alpha)x_2^1$ . Since  $x_1^1 < x^{1*} < x_2^1$ , there exists  $\theta_1 \in [0, 1]$  such that  $x^{1*} \in S_1^*(\theta_1\boldsymbol{\lambda}_1 + (1 - \theta_1)\boldsymbol{\lambda}_2)$  by Theorem 2. Since  $\mathbf{x}^* = (x^{1*}, x^{2*}, \dots, x^{n*})^T \in S^*(\theta_1\boldsymbol{\lambda}_1 + (1 - \theta_1)\boldsymbol{\lambda}_2)$ ,  $\mathbf{x}^* \in E(D)$  by Theorem 1.  $\square$

**Corollary 2.** For  $\mathbf{x}_1 \equiv (x_1^1, x_1^2, \dots, x_1^n)^T$ ,  $\mathbf{x}_2 \equiv (x_2^1, x_2^2, \dots, x_2^n)^T$ ,  $\mathbf{x}_3 \equiv (x_3^1, x_3^2, \dots, x_3^n)^T \in B$ , it is assumed that  $x_1^{j_0} < x_2^{j_0} < x_3^{j_0}$  or  $x_1^{j_0} > x_2^{j_0} > x_3^{j_0}$  for some  $j_0 \in J$  and  $x_1^j = x_2^j = x_3^j$ ,  $j \neq j_0$ . If  $\mathbf{x}_1 \in E(D)$  and  $\mathbf{x}_2 \notin E(D)$ , then  $\mathbf{x}_3 \notin E(D)$ .

**Proof.** Assume that  $\mathbf{x}_3 \in E(D)$ . Since  $\mathbf{x}_2 = \alpha\mathbf{x}_1 + (1 - \alpha)\mathbf{x}_3$  for some  $\alpha \in (0, 1)$ ,  $\mathbf{x}_2 \in E(D)$  by Corollary 1. This contradicts the assumption that  $\mathbf{x}_2 \notin E(D)$ .  $\square$

**Theorem 3.** ([6]) Let  $h_1(w)$  and  $h_2(w)$  be convex functions defined on  $\mathbb{R}$ , where  $h_i$  is minimized at  $w_i$ ,  $i = 1, 2$  and  $w_1 \leq w_2$ . Then, given any  $\bar{w} \in [w_1, w_2]$ ,  $\{\theta \in [0, 1] : \bar{w} \text{ minimizes } \theta h_2(w) + (1 - \theta)h_1(w)\}$  is a closed interval.

The following corollary can be shown by the same way as the proof of Corollary 2 in [6].

**Corollary 3.** For  $\mathbf{x}_h \equiv (x_h^1, x_h^2, \dots, x_h^n)^T$ ,  $\mathbf{x}_k \equiv (x_k^1, x_k^2, \dots, x_k^n)^T \in E(D) \cap I$ , it is assumed that  $J_0 \equiv \{j \in J : x_h^j \neq x_k^j\} \neq \emptyset$ . For each  $j \in J_0$ , let  $\mathbf{y}_j \equiv (y_j^1, y_j^2, \dots, y_j^n)^T$  be an  $\mathbf{e}_j$ -oriented intersection point (resp. a  $-\mathbf{e}_j$ -oriented intersection point) adjacent to  $\mathbf{x}_k$  if  $x_h^j > x_k^j$  (resp.  $x_h^j < x_k^j$ ). Then there exists  $j_0 \in J_0$  such that  $\mathbf{y}_{j_0} \in E(D)$ .

**Proof.** Without loss of generality, we assume that  $x_h^j < x_k^j$ ,  $j = 1, \dots, s$  ( $\leq n$ ) and  $x_h^j = x_k^j$ ,  $j = s + 1, \dots, n$ . We shall show only the case  $s < n$ . It can be shown similarly when  $s = n$ .

Since  $\mathbf{x}_h, \mathbf{x}_k \in E(D)$ ,  $\mathbf{x}_h \in S^*(\boldsymbol{\lambda}_h)$  and  $\mathbf{x}_k \in S^*(\boldsymbol{\lambda}_k)$  for some  $\boldsymbol{\lambda}_h \equiv (\lambda_h^1, \lambda_h^2, \dots, \lambda_h^n)^T > \mathbf{0}$  and  $\boldsymbol{\lambda}_k \equiv (\lambda_k^1, \lambda_k^2, \dots, \lambda_k^n)^T > \mathbf{0}$  by Theorem 1. Then, for any  $j \in J$ ,  $x_h^j \in S_j^*(\boldsymbol{\lambda}_h)$  and  $x_k^j \in S_j^*(\boldsymbol{\lambda}_k)$ . Since  $x_h^1 \leq y_1^1 \leq x_k^1$ , there exists  $\theta_1 = \min\{\theta \in [0, 1] : y_1^1 \in S_1^*(\theta\boldsymbol{\lambda}_h + (1 - \theta)\boldsymbol{\lambda}_k)\}$  by Theorem 3. Then we shall show that  $x_k^1 \in S_1^*(\delta\boldsymbol{\lambda}_h + (1 - \delta)\boldsymbol{\lambda}_k)$  for any  $\delta \in [0, \theta_1]$ . It is trivial when  $\theta_1 = 0$ . Thus, we assume that  $\theta_1 > 0$ . We put  $\eta \equiv \delta/\theta_1$  and  $\boldsymbol{\lambda}_1 \equiv \theta_1\boldsymbol{\lambda}_h + (1 - \theta_1)\boldsymbol{\lambda}_k$ . Then  $\delta\boldsymbol{\lambda}_h + (1 - \delta)\boldsymbol{\lambda}_k$ ,  $\delta \in [0, \theta_1]$  can be expressed as  $\eta\theta_1\boldsymbol{\lambda}_h + (1 - \eta\theta_1)\boldsymbol{\lambda}_k = \eta\boldsymbol{\lambda}_1 + (1 - \eta)\boldsymbol{\lambda}_k$ ,  $\eta \in [0, 1]$ . We put  $f_1(x) \equiv \sum_{i=1}^m \lambda_1^i |x - d_i^1|$  and  $f_k(x) \equiv \sum_{i=1}^m \lambda_k^i |x - d_i^1|$ , where  $\lambda_i^i \equiv \theta_1 \lambda_h^i + (1 - \theta_1) \lambda_k^i$ ,  $i \in M$ . Since  $y_1^1 \in S_1^*(\boldsymbol{\lambda}_1)$  and  $x_k^1 \in S_1^*(\boldsymbol{\lambda}_k)$ ,  $\partial f_1(y_1^1) = [a_1, a_2]$  and  $\partial f_k(x_k^1) = [b_1, b_2]$  for some  $a_1, a_2, b_1, b_2 \in \mathbb{R}$  such that  $a_1 \leq 0 \leq a_2$  and  $b_1 \leq 0 \leq b_2$ . Since  $y_1^1 < x_k^1$ ,  $\partial f_1(x_k^1) = [a'_1, a'_2]$  and  $\partial f_k(y_1^1) = [b'_1, b'_2]$  for some  $a'_1, a'_2, b'_1, b'_2 \in \mathbb{R}$  such that  $a_2 \leq a'_1 \leq a'_2$  and  $b'_1 \leq b'_2 \leq b_1$ . These follow from the fact that  $w < w'$ ,  $y \in \partial h(w)$  and  $y' \in \partial h(w')$  imply  $y \leq y'$  for any convex function  $h$  defined on  $\mathbb{R}$  (see [4]). For  $\eta \in [0, 1]$ , we put  $G(\eta) \equiv \eta\partial f_1(x_k^1) + (1 - \eta)\partial f_k(x_k^1) = [b_1 + \eta(a'_1 - b_1), b_2 + \eta(a'_2 - b_2)]$  and  $H(\eta) \equiv \eta\partial f_1(y_1^1) + (1 - \eta)\partial f_k(y_1^1) = [b'_1 + \eta(a_1 - b'_1), b'_2 + \eta(a_2 - b'_2)]$ . Note that  $\partial(\eta f_1(x_k^1) + (1 - \eta)f_k(x_k^1)) = \eta\partial f_1(x_k^1) + (1 - \eta)\partial f_k(x_k^1)$  and  $\partial(\eta f_1(y_1^1) + (1 - \eta)f_k(y_1^1)) = \eta\partial f_1(y_1^1) + (1 - \eta)\partial f_k(y_1^1)$ . Holding the above equalities is proven in [4]. By definitions of  $\theta_1$  and  $\eta$ ,

$$(4) \quad 0 \in H(1), 0 \notin H(\eta), \eta \in [0, 1] \setminus \{1\}.$$

Thus, it needs that  $a_2 = 0$  and  $b'_2 < 0$ . By Theorem 2, for  $x_0 \in (y_1^1, x_k^1)$ , there exists  $\eta_0 \in [0, 1]$  such that  $x_0 \in S_1^*(\eta_0\boldsymbol{\lambda}_1 + (1 - \eta_0)\boldsymbol{\lambda}_k)$ . In this case,  $[y_1^1, x_k^1] \subset S_1^*(\eta_0\boldsymbol{\lambda}_1 + (1 - \eta_0)\boldsymbol{\lambda}_k)$ . Thus, we

have  $0 \in G(\eta_0) \cap H(\eta_0)$ . From (4), it needs that  $\eta_0 = 1$ . Since it needs that  $a'_1 = 0$ ,  $0 \in G(\eta)$  for any  $\eta \in [0, 1]$ . By the definition of  $G(\eta)$ ,  $x_k^1 \in S_1^*(\eta\lambda_1 + (1 - \eta)\lambda_k)$  for any  $\eta \in [0, 1]$ . Namely, by definitions of  $\eta$  and  $\lambda_1$ ,  $x_k^1 \in S_1^*(\delta\lambda_h + (1 - \delta)\lambda_k)$  for any  $\delta \in [0, \theta_1]$ . Similarly, for each  $j \in \{2, 3, \dots, s\}$ , there exists  $\theta_j = \min\{\theta \in [0, 1] : y_j^j \in S_j^*(\theta\lambda_h + (1 - \theta)\lambda_k)\}$  by Theorem 3, and then  $x_k^j \in S_j^*(\delta\lambda_h + (1 - \delta)\lambda_k)$  for any  $\delta \in [0, \theta_j]$ .

On the other hand, for each  $j \in \{s + 1, \dots, n\}$ , since  $x_k^j \in S_j^*(\lambda_h) \cap S_j^*(\lambda_k)$ ,  $x_k^j \in S_j^*(\theta\lambda_h + (1 - \theta)\lambda_k)$  for any  $\theta \in [0, 1]$ . We put  $\theta_{j_0} \equiv \min\{\theta_j : j \in \{1, 2, \dots, s\}\}$  and  $\lambda_{j_0} \equiv \theta_{j_0}\lambda_h + (1 - \theta_{j_0})\lambda_k$ . Then  $y_{j_0}^j \in S_j^*(\lambda_{j_0})$ ,  $j \neq j_0$  and  $y_{j_0}^{j_0} \in S_{j_0}^*(\lambda_{j_0})$  by the definition of  $\theta_{j_0}$ . Since  $\mathbf{y}_{j_0} \in S^*(\lambda_{j_0})$ ,  $\mathbf{y}_{j_0} \in E(D)$  by Theorem 1.  $\square$

Form Corollary 1 and 3, there exists ‘‘zig-zag path’’ between any two efficient solutions of (P). Moreover, the frame of  $E(D)$  is connected. If the frame of  $E(D)$  can be determined, then  $E(D)$  can be constructed. Thus, we give an algorithm to find the frame of  $E(D)$  in the next section.

#### 4. Algorithm to Find All Efficient Solutions

In this section, we propose the Frame Generating Algorithm to find  $E(D)$ .

In the Frame Generating Algorithm, checking that an intersection point is efficient in (P) or not is needed. Thus, in the following, we state how to check it.

Let  $\mathbf{x}_0 \equiv (x_0^1, x_0^2, \dots, x_0^n)^T$  be an intersection point. Form Theorem 1,  $\mathbf{x}_0 \in E(D)$  if and only if  $\mathbf{x}_0 \in S^*(\lambda)$  for some  $\lambda > \mathbf{0}$ . For  $\lambda > \mathbf{0}$ ,  $\mathbf{x}_0 \in S^*(\lambda)$  if and only if

$$(5) \quad \begin{cases} \left. \frac{dg_j(x)}{dx^-} \right|_{x=x_0^j} = \sum_{i \in L_j(x_0^j)} \lambda^i - \sum_{i \in R_j(x_0^j) \cup I_j(x_0^j)} \lambda^i \leq 0, & j \in J \\ \left. \frac{dg_j(x)}{dx^+} \right|_{x=x_0^j} = \sum_{i \in L_j(x_0^j) \cup I_j(x_0^j)} \lambda^i - \sum_{i \in R_j(x_0^j)} \lambda^i \geq 0, & j \in J \end{cases}$$

from (3), where  $L_j(x_0^j) \equiv \{i \in M : d_i^j < x_0^j\}$ ,  $R_j(x_0^j) \equiv \{i \in M : d_i^j > x_0^j\}$  and  $I_j(x_0^j) \equiv \{i \in M : d_i^j = x_0^j\}$  for each  $j \in J$ . Therefore,  $\mathbf{x}_0 \in E(D)$  if and only if there exists  $\lambda > \mathbf{0}$  which satisfies (5).

If we put, for  $i \in M$  and  $j \in J$ ,

$$a_{ij} = \begin{cases} -1 & \text{if } i \in L_j(x_0^j), \\ +1 & \text{if } i \in R_j(x_0^j) \cup I_j(x_0^j), \end{cases}$$

$$a_{i,n+j} = \begin{cases} -1 & \text{if } i \in R_j(x_0^j), \\ +1 & \text{if } i \in L_j(x_0^j) \cup I_j(x_0^j) \end{cases}$$

and  $A = (a_{ij})^T \in \mathbb{R}^{2n \times m}$ , then (5) can be expressed as  $A\lambda \geq \mathbf{0}$ . In other words,  $\mathbf{x}_0 \in E(D)$  if and only if  $A\lambda \geq \mathbf{0}$ ,  $\lambda > \mathbf{0}$  has a solution  $\lambda$ . In order to check that the latter condition is satisfied or not, the following theorem can be applied.

**Theorem 4.** ([9]) For each given matrix  $A$ , either

$$\text{I } A^T \mu \leq \mathbf{0}, A^T \mu \neq \mathbf{0}, \mu \geq \mathbf{0} \text{ has a solution } \mu$$

or

II  $A\lambda \geq \mathbf{0}$ ,  $\lambda > \mathbf{0}$  has a solution  $\lambda$

but never both.

From Theorem 4,  $A\lambda \geq \mathbf{0}$ ,  $\lambda > \mathbf{0}$  has a solution  $\lambda$  if and only if the optimal value of the following linear programming problem associated with  $\mathbf{x}_0$  is zero:

$$(LP) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{minimize} \quad \sum_{i=1}^m \mathbf{a}_i^T \boldsymbol{\mu} \\ \text{subject to} \quad A^T \boldsymbol{\mu} \leq \mathbf{0} \\ \boldsymbol{\mu} \geq \mathbf{0} \end{array} \right.$$

where  $\mathbf{a}_i$  is the  $i$ th column vector of  $A$ . Therefore, we can check that an intersection point  $\mathbf{x}_0$  is efficient in (P) or not by solving (LP), and have the following theorem.

**Theorem 5.** For  $\mathbf{x}_0 \in I$ ,  $\mathbf{x}_0 \in E(D)$  if and only if the optimal value of (LP) associated with  $\mathbf{x}_0$  is zero.

**Remark.** In view of the fact that the frame of  $E(D)$  is the union of all one-dimensional boxes in  $E(D)$ , which is connected, we can construct a connected graph  $(V, E)$ , where  $V = I \cap E(D)$  and  $E$  is the set of all arcs in the graph. Given  $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2 \in I \cap E(D)$ , the arc  $a(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2)$  which connects  $\mathbf{x}_1$  and  $\mathbf{x}_2$  is in  $E$  if and only if  $\mathbf{x}_1$  and  $\mathbf{x}_2$  are adjacent and efficient in (P). This concept will be the guide for describing an algorithm to locate the frame of  $E(D)$ .

In the Frame Generating Algorithm, the set of all intersection points,  $I$ , is expressed as

$$I = \{(d_{[k_1]}^1, d_{[k_2]}^2, \dots, d_{[k_n]}^n)^T \in \mathbb{R}^n : k_j \in \{1, 2, \dots, m_j\}, j \in J\}.$$

The Frame Generating Algorithm finds one-dimensional boxes in the frame of  $E(D)$ , which are connected with any initial point  $\mathbf{d}_k \in D$ .  $L$  is the set of checked intersection points which are connected with the initial point through intersection points.  $S \subset L$  is the set of intersection points which have been checked that one-dimensional boxes connected with them are contained in  $E(D)$  or not.  $G, H \subset I$  are sets of checked intersection points which are efficient and not efficient in (P), respectively. We use  $T$  as the union of one-dimensional boxes in  $E(D)$  which have been checked before. Moreover, for  $\mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbb{R}^n$ , we put  $[\mathbf{x}, \mathbf{y}] \equiv \{(1 - \lambda)\mathbf{x} + \lambda\mathbf{y} : \lambda \in [0, 1]\}$ .

### The Frame Generating Algorithm

**Step 0.** Set  $S = \emptyset$ ,  $H = \emptyset$ ,  $G = D$  and  $T = \emptyset$ . Choose any  $\mathbf{d}_k \in D$  and set  $L = \{\mathbf{d}_k\}$ .

**Step 1.** If  $L = S$ , then stop. ( $T$  is the frame of  $E(D)$ .)

**Step 2.** Choose any  $\mathbf{x}_0 = (d_{[k_1]}^1, d_{[k_2]}^2, \dots, d_{[k_n]}^n)^T \in L \setminus S$  and set  $S = S \cup \{\mathbf{x}_0\}$ .

**Step 3.** Set  $W = \emptyset$ . For each  $j \in J$ ,

(a) If  $k_j > 1$ , then set  $\mathbf{x}_{-j} = (d_{[k_1]}^1, \dots, d_{[k_j-1]}^j, \dots, d_{[k_n]}^n)^T$  and  $W = W \cup \{\mathbf{x}_{-j}\}$ ;

(b) If  $k_j < m_j$ , then set  $\mathbf{x}_j = (d_{[k_1]}^1, \dots, d_{[k_j+1]}^j, \dots, d_{[k_n]}^n)^T$  and  $W = W \cup \{\mathbf{x}_j\}$ .

**Step 4.** If  $W = \emptyset$ , then go to Step 1, otherwise choose any  $\mathbf{x}_\eta \in W$  and set  $W = W \setminus \{\mathbf{x}_\eta\}$ .

**Step 5.** If  $[\mathbf{x}_0, \mathbf{x}_\eta] \subset T$ , then go to step 4.

- (a) If  $\mathbf{x}_\eta \in G$ , then set  $T = T \cup [\mathbf{x}_0, \mathbf{x}_\eta]$ , and if  $\mathbf{x}_\eta \notin L$  then set  $L = L \cup \{\mathbf{x}_\eta\}$ , and go to Step 4.
- (b) If  $\mathbf{x}_\eta \notin H$ , then check  $\mathbf{x}_\eta \in E(D)$  or not by solving (LP) associated with  $\mathbf{x}_\eta$ . If  $\mathbf{x}_\eta \in E(D)$ , then set  $T = T \cup [\mathbf{x}_0, \mathbf{x}_\eta]$ ,  $G = G \cup \{\mathbf{x}_\eta\}$ ,  $L = L \cup \{\mathbf{x}_\eta\}$ , and go to Step 4.
- (c) If  $\mathbf{x}_\eta \in H$  or  $\mathbf{x}_\eta \notin H \cup E(D)$ , then set  $j = |\eta|$  and

$$H = \begin{cases} H \cup \{(d_{[k_1]}^1, \dots, d_{[p]}^j, \dots, d_{[k_n]}^n)^T : p = 1, 2, \dots, k_j - 1\} & \text{if } \eta < 0, \\ H \cup \{(d_{[k_1]}^1, \dots, d_{[p]}^j, \dots, d_{[k_n]}^n)^T : p = k_j + 1, \dots, m_j\} & \text{if } \eta > 0, \end{cases}$$

and go to Step 4.

### Numerical Example

We consider a multicriteria location problem (P):

$$\min_{\mathbf{x} \in \mathbb{R}^4} (\|\mathbf{x} - \mathbf{d}_1\|_1, \|\mathbf{x} - \mathbf{d}_2\|_1, \|\mathbf{x} - \mathbf{d}_3\|_1, \|\mathbf{x} - \mathbf{d}_4\|_1, \|\mathbf{x} - \mathbf{d}_5\|_1)^T$$

where  $\mathbf{d}_1 = (3, 0, 4, 1)^T$ ,  $\mathbf{d}_2 = (4, 2, 0, 2)^T$ ,  $\mathbf{d}_3 = (2, 1, 3, 3)^T$ ,  $\mathbf{d}_4 = (0, 4, 5, 4)^T$ ,  $\mathbf{d}_5 = (1, 5, 2, 5)^T$ , and we shall find  $E(D)$ . In this case,  $n = 4$ ,  $m = 5$ ,  $J = \{1, 2, 3, 4\}$ ,  $M = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ . We put

$$p(k_1, k_2, k_3, k_4) \equiv (d_{[k_1]}^1, d_{[k_2]}^2, d_{[k_3]}^3, d_{[k_4]}^4)^T, \quad k_1, k_2, k_3, k_4 \in M.$$

In this case,

$$\begin{aligned} (d_{[1]}^1, d_{[2]}^1, d_{[3]}^1, d_{[4]}^1, d_{[5]}^1) &= (0, 1, 2, 3, 4), \\ (d_{[1]}^2, d_{[2]}^2, d_{[3]}^2, d_{[4]}^2, d_{[5]}^2) &= (0, 1, 2, 4, 5), \\ (d_{[1]}^3, d_{[2]}^3, d_{[3]}^3, d_{[4]}^3, d_{[5]}^3) &= (0, 2, 3, 4, 5), \\ (d_{[1]}^4, d_{[2]}^4, d_{[3]}^4, d_{[4]}^4, d_{[5]}^4) &= (1, 2, 3, 4, 5). \end{aligned}$$

Applying the Frame Generating Algorithm to this problem, we have the frame of  $E(D)$ ,  $T$ , as follows:

$$\begin{aligned} T = & [\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2] \cup [\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_{15}] \cup [\mathbf{p}_2, \mathbf{p}_{16}] \cup [\mathbf{p}_3, \mathbf{p}_4] \cup [\mathbf{p}_3, \mathbf{p}_5] \cup [\mathbf{p}_3, \mathbf{p}_9] \cup [\mathbf{p}_3, \mathbf{p}_{24}] \\ & \cup [\mathbf{p}_4, \mathbf{p}_6] \cup [\mathbf{p}_4, \mathbf{p}_{10}] \cup [\mathbf{p}_4, \mathbf{p}_{25}] \cup [\mathbf{p}_5, \mathbf{p}_6] \cup [\mathbf{p}_5, \mathbf{p}_7] \cup [\mathbf{p}_5, \mathbf{p}_{12}] \cup [\mathbf{p}_5, \mathbf{p}_{27}] \\ & \cup [\mathbf{p}_6, \mathbf{p}_8] \cup [\mathbf{p}_6, \mathbf{p}_{13}] \cup [\mathbf{p}_6, \mathbf{p}_{28}] \cup [\mathbf{p}_7, \mathbf{p}_8] \cup [\mathbf{p}_7, \mathbf{p}_{14}] \cup [\mathbf{p}_7, \mathbf{p}_{30}] \cup [\mathbf{p}_8, \mathbf{p}_{15}] \\ & \cup [\mathbf{p}_8, \mathbf{p}_{31}] \cup [\mathbf{p}_9, \mathbf{p}_{10}] \cup [\mathbf{p}_9, \mathbf{p}_{12}] \cup [\mathbf{p}_9, \mathbf{p}_{32}] \cup [\mathbf{p}_{10}, \mathbf{p}_{11}] \cup [\mathbf{p}_{10}, \mathbf{p}_{13}] \cup [\mathbf{p}_{10}, \mathbf{p}_{17}] \\ & \cup [\mathbf{p}_{10}, \mathbf{p}_{33}] \cup [\mathbf{p}_{11}, \mathbf{p}_{18}] \cup [\mathbf{p}_{12}, \mathbf{p}_{13}] \cup [\mathbf{p}_{12}, \mathbf{p}_{14}] \cup [\mathbf{p}_{12}, \mathbf{p}_{34}] \cup [\mathbf{p}_{13}, \mathbf{p}_{15}] \\ & \cup [\mathbf{p}_{13}, \mathbf{p}_{35}] \cup [\mathbf{p}_{14}, \mathbf{p}_{15}] \cup [\mathbf{p}_{14}, \mathbf{p}_{36}] \cup [\mathbf{p}_{15}, \mathbf{p}_{16}] \cup [\mathbf{p}_{15}, \mathbf{p}_{37}] \cup [\mathbf{p}_{17}, \mathbf{p}_{18}] \\ & \cup [\mathbf{p}_{19}, \mathbf{p}_{20}] \cup [\mathbf{p}_{19}, \mathbf{p}_{21}] \cup [\mathbf{p}_{19}, \mathbf{p}_{26}] \cup [\mathbf{p}_{19}, \mathbf{p}_{40}] \cup [\mathbf{p}_{20}, \mathbf{p}_{22}] \cup [\mathbf{p}_{20}, \mathbf{p}_{27}] \\ & \cup [\mathbf{p}_{20}, \mathbf{p}_{41}] \cup [\mathbf{p}_{21}, \mathbf{p}_{22}] \cup [\mathbf{p}_{21}, \mathbf{p}_{29}] \cup [\mathbf{p}_{21}, \mathbf{p}_{43}] \cup [\mathbf{p}_{22}, \mathbf{p}_{30}] \cup [\mathbf{p}_{22}, \mathbf{p}_{44}] \\ & \cup [\mathbf{p}_{23}, \mathbf{p}_{24}] \cup [\mathbf{p}_{23}, \mathbf{p}_{26}] \cup [\mathbf{p}_{23}, \mathbf{p}_{46}] \cup [\mathbf{p}_{24}, \mathbf{p}_{25}] \cup [\mathbf{p}_{24}, \mathbf{p}_{27}] \cup [\mathbf{p}_{24}, \mathbf{p}_{32}] \\ & \cup [\mathbf{p}_{24}, \mathbf{p}_{47}] \cup [\mathbf{p}_{25}, \mathbf{p}_{28}] \cup [\mathbf{p}_{25}, \mathbf{p}_{33}] \cup [\mathbf{p}_{26}, \mathbf{p}_{27}] \cup [\mathbf{p}_{26}, \mathbf{p}_{29}] \cup [\mathbf{p}_{26}, \mathbf{p}_{48}] \\ & \cup [\mathbf{p}_{27}, \mathbf{p}_{28}] \cup [\mathbf{p}_{27}, \mathbf{p}_{30}] \cup [\mathbf{p}_{27}, \mathbf{p}_{34}] \cup [\mathbf{p}_{27}, \mathbf{p}_{49}] \cup [\mathbf{p}_{28}, \mathbf{p}_{31}] \cup [\mathbf{p}_{28}, \mathbf{p}_{35}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \cup [\mathbf{p}_{29}, \mathbf{p}_{30}] \cup [\mathbf{p}_{29}, \mathbf{p}_{50}] \cup [\mathbf{p}_{30}, \mathbf{p}_{31}] \cup [\mathbf{p}_{30}, \mathbf{p}_{36}] \cup [\mathbf{p}_{30}, \mathbf{p}_{51}] \cup [\mathbf{p}_{31}, \mathbf{p}_{37}] \\
& \cup [\mathbf{p}_{32}, \mathbf{p}_{33}] \cup [\mathbf{p}_{32}, \mathbf{p}_{34}] \cup [\mathbf{p}_{33}, \mathbf{p}_{35}] \cup [\mathbf{p}_{34}, \mathbf{p}_{35}] \cup [\mathbf{p}_{34}, \mathbf{p}_{36}] \cup [\mathbf{p}_{35}, \mathbf{p}_{37}] \\
& \cup [\mathbf{p}_{36}, \mathbf{p}_{37}] \cup [\mathbf{p}_{38}, \mathbf{p}_{39}] \cup [\mathbf{p}_{38}, \mathbf{p}_{42}] \cup [\mathbf{p}_{39}, \mathbf{p}_{43}] \cup [\mathbf{p}_{40}, \mathbf{p}_{41}] \cup [\mathbf{p}_{40}, \mathbf{p}_{43}] \\
& \cup [\mathbf{p}_{40}, \mathbf{p}_{48}] \cup [\mathbf{p}_{41}, \mathbf{p}_{44}] \cup [\mathbf{p}_{41}, \mathbf{p}_{49}] \cup [\mathbf{p}_{42}, \mathbf{p}_{43}] \cup [\mathbf{p}_{43}, \mathbf{p}_{44}] \cup [\mathbf{p}_{43}, \mathbf{p}_{50}] \\
& \cup [\mathbf{p}_{44}, \mathbf{p}_{51}] \cup [\mathbf{p}_{45}, \mathbf{p}_{46}] \cup [\mathbf{p}_{45}, \mathbf{p}_{52}] \cup [\mathbf{p}_{46}, \mathbf{p}_{47}] \cup [\mathbf{p}_{46}, \mathbf{p}_{48}] \cup [\mathbf{p}_{46}, \mathbf{p}_{53}] \\
& \cup [\mathbf{p}_{47}, \mathbf{p}_{49}] \cup [\mathbf{p}_{48}, \mathbf{p}_{49}] \cup [\mathbf{p}_{48}, \mathbf{p}_{50}] \cup [\mathbf{p}_{49}, \mathbf{p}_{51}] \cup [\mathbf{p}_{50}, \mathbf{p}_{51}] \cup [\mathbf{p}_{52}, \mathbf{p}_{53}]
\end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned}
\mathbf{p}_1 &= p(1, 4, 4, 4), & \mathbf{p}_2 &= p(1, 4, 5, 4), & \mathbf{p}_3 &= p(2, 3, 2, 3), & \mathbf{p}_4 &= p(2, 3, 2, 4), \\
\mathbf{p}_5 &= p(2, 3, 3, 3), & \mathbf{p}_6 &= p(2, 3, 3, 4), & \mathbf{p}_7 &= p(2, 3, 4, 3), & \mathbf{p}_8 &= p(2, 3, 4, 4), \\
\mathbf{p}_9 &= p(2, 4, 2, 3), & \mathbf{p}_{10} &= p(2, 4, 2, 4), & \mathbf{p}_{11} &= p(2, 4, 2, 5), & \mathbf{p}_{12} &= p(2, 4, 3, 3), \\
\mathbf{p}_{13} &= p(2, 4, 3, 4), & \mathbf{p}_{14} &= p(2, 4, 4, 3), & \mathbf{p}_{15} &= p(2, 4, 4, 4), & \mathbf{p}_{16} &= p(2, 4, 5, 4), \\
\mathbf{p}_{17} &= p(2, 5, 2, 4), & \mathbf{p}_{18} &= p(2, 5, 2, 5), & \mathbf{p}_{19} &= p(3, 2, 3, 2), & \mathbf{p}_{20} &= p(3, 2, 3, 3), \\
\mathbf{p}_{21} &= p(3, 2, 4, 2), & \mathbf{p}_{22} &= p(3, 2, 4, 3), & \mathbf{p}_{23} &= p(3, 3, 2, 2), & \mathbf{p}_{24} &= p(3, 3, 2, 3), \\
\mathbf{p}_{25} &= p(3, 3, 2, 4), & \mathbf{p}_{26} &= p(3, 3, 3, 2), & \mathbf{p}_{27} &= p(3, 3, 3, 3), & \mathbf{p}_{28} &= p(3, 3, 3, 4), \\
\mathbf{p}_{29} &= p(3, 3, 4, 2), & \mathbf{p}_{30} &= p(3, 3, 4, 3), & \mathbf{p}_{31} &= p(3, 3, 4, 4), & \mathbf{p}_{32} &= p(3, 4, 2, 3), \\
\mathbf{p}_{33} &= p(3, 4, 2, 4), & \mathbf{p}_{34} &= p(3, 4, 3, 3), & \mathbf{p}_{35} &= p(3, 4, 3, 4), & \mathbf{p}_{36} &= p(3, 4, 4, 3), \\
\mathbf{p}_{37} &= p(3, 4, 4, 4), & \mathbf{p}_{38} &= p(4, 1, 4, 1), & \mathbf{p}_{39} &= p(4, 1, 4, 2), & \mathbf{p}_{40} &= p(4, 2, 3, 2), \\
\mathbf{p}_{41} &= p(4, 2, 3, 3), & \mathbf{p}_{42} &= p(4, 2, 4, 1), & \mathbf{p}_{43} &= p(4, 2, 4, 2), & \mathbf{p}_{44} &= p(4, 2, 4, 3), \\
\mathbf{p}_{45} &= p(4, 3, 1, 2), & \mathbf{p}_{46} &= p(4, 3, 2, 2), & \mathbf{p}_{47} &= p(4, 3, 2, 3), & \mathbf{p}_{48} &= p(4, 3, 3, 2), \\
\mathbf{p}_{49} &= p(4, 3, 3, 3), & \mathbf{p}_{50} &= p(4, 3, 4, 2), & \mathbf{p}_{51} &= p(4, 3, 4, 3), & \mathbf{p}_{52} &= p(5, 3, 1, 2), \\
\mathbf{p}_{53} &= p(5, 3, 2, 2).
\end{aligned}$$

## 5. Conclusions

We dealt with multicriteria location problems with rectilinear norm in  $\mathbb{R}^n$ . Our main interest was to find  $E(D)$ . First, as corollaries of Theorem 2 and 3, we obtained characterizations of efficient solutions of (P) by using properties of optimal solutions of  $(P_{\lambda})$ . They guarantee that  $E(D)$  can be determined by the frame of  $E(D)$  and that the frame of  $E(D)$  is connected. Next, we obtained another characterization of efficient solutions of (P) as Theorem 5, which enables us to check that an intersection point is efficient in (P) or not. Finally, based on these results, we proposed the Frame Generating Algorithm to find the frame of  $E(D)$ . The Frame Generating Algorithm generates the frame of  $E(D)$  by tracing one-dimensional boxes in  $E(D)$ .

## References

- [1] L. G. Chalmet, R. L. Francis and A. Kolen, *Finding efficient solutions for rectilinear distance location problems efficiently*, Eur. J. Oper. Res., **6** (1981), 117-124.
- [2] Z. Drezner and G. O. Wesolowsky, *The asymmetric distance location problem*, Trans. Sci., **23**

- (1989), 201-207.
- [3] R. Durier, *On Pareto optima, the Fermat-Weber problem, and polyhedral gauges*, Math. Programming, **47** (1990), 65-79.
  - [4] J. -B. Hiriart-Urruty and C. Lemaréchal, *Convex analysis and minimization algorithms I: Fundamentals*, Springer-Verlag, Berlin, 1993.
  - [5] M. Kon, *Efficient solutions for multicriteria location problems under the block norm*, Mathematica Japonica, **47** (1998), 295-303.
  - [6] M. Kon, *Efficient solutions of multicriteria location problems with rectilinear norm in  $\mathbf{R}^3$* , Scientiae Mathematicae Japonicae, **54** (2001), 289-299.
  - [7] M. Kon and S. Kushimoto, *On efficient solutions of multicriteria location problems with the block norm*, Scientiae Mathematicae, **2** (1999), 245-254.
  - [8] T. J. Lowe, J. -F. Thisse, J. E. Ward and R. E. Wendell, *On efficient solutions to multiple objective mathematical programs*, Manage. Sci., **30** (1984), 1346-1349.
  - [9] O. L. Mangasarian, *Nonlinear programming*, McGraw-Hill, New York, 1969.
  - [10] R. E. Wendell, A. P. Hurter, Jr. and T. J. Lowe, *Efficient points in location problems*, AIIE Trans., **9** (1977), 238-246.

## ニュートリノ相互作用のシミュレーション QELのシミュレーション

小西栄一

弘前大学理工学部電子情報システム工学科

(2004年6月11日受付)

### 1. はじめに

計算機によるシミュレーションとは何でしょうか？それは、電子計算機の中で、気象現象や建造物の構造的あるいは流体力学的な振る舞いなどの対象を模倣し、起こり得るさまざまな事象に対する対応を予測しておく技術であると言えます。本報告で取り扱おうとしているニュートリノは「幽霊粒子」とも例えられる極めて捕らえにくい粒子ですから、この粒子に関する計算はシミュレーションの題材として最もふさわしいともいえるでしょう。

ニュートリノが注目されるようになったのは、ここ十数年来、日本の神岡鉱山で行われてきたカミオカンデ実験とその拡張であるスーパー・カミオカンデ実験が果たした役割が大きいです。この実験では鉱山の地下深くに大きな水槽を設置しその中に水を満たし、ニュートリノがこの中を通過するときにわずかな確率で相互作用して電子または $\mu$ 粒子を発生する標的とします。発生した電子または $\mu$ 粒子は水中で光の速度よりも早く進むことができるので、チェレンコフ光と呼ばれる光を放射します。これを水槽の内側に並べた光電子増倍管で検出するという装置です。地下深くで実験をするのは、ニュートリノ以外の粒子が装置の中に入ってきてチェレンコフ光を発生させること（これらをバックグラウンドという）をできるだけ防ぐためです。

カミオカンデ実験やスーパー・カミオカンデ実験には多くの研究者が参加しており、現在はSKグループとよばれていて、そこではさまざまなシミュレーション計算が行われていて、実験結果の解釈とともに公表されています。しかし著者ら弘前大学を中心とするグループは、それらのシミュレーション計算が妥当なものであるか疑問をもつようになりました。そこで著者らのグループは、3年前、SKグループとは独立に批判的な立場で、一連のSK実験のシミュレーション計算を開始しました。これらの計算は、 $\mu$ 粒子および電子（カスケード・シャワー）が発するチェレンコフ光の分布の問題、これを用いた粒子の弁別（ $\mu$ 粒子/電子）の問題、粒子の発生位置や方向の分解能の問題など多岐にわたります。また今回報告する準弾性散乱（QEL）の問題は、ニュートリノの到来方向と $\mu$ 粒子または電子の進行方向に関するものです。これらの問題を何回かにわたって、シミュレーション技法の紹介を交えて報告したいと思います。

## 2. ニュートリノとその相互作用

ここで、簡単にニュートリノとは何者かということとどのように観測するかについて簡単にまとめてみましょう。ニュートリノには3種類のニュートリノがあるとされていますが、我々が通常観測できるのはミュー・ニュートリノと電子ニュートリノです。ミュー・ニュートリノは主に高エネルギー宇宙線を起源として発生します。陽子やヘリウムなどの高エネルギー宇宙線が物質中を通過すると中間子が発生します。やがて中間子が崩壊して $\mu$ 粒子とミュー・ニュートリノが発生します。さらに $\mu$ 粒子が崩壊すると電子と電子ニュートリノが発生します。また電子ニュートリノは星の中心で起こっている核融合反応でも発生します。

ニュートリノを観測するには、ニュートリノと原子核の相互作用を利用します。電子ニュートリノが原子核にぶつかると電子が発生し、反電子ニュートリノがぶつかると陽電子が発生します。またミュー・ニュートリノが原子核にぶつかると $\mu$ 粒子(マイナス電荷)が、反ミュー・ニュートリノのときは $\mu$ 粒子(プラス電荷)が発生します。

これらの反応は岩石や水などの中で起こりますが、入射したニュートリノと標的となった核子の運動量とエネルギーが反応後も保存される準弾性散乱と、それ以外の粒子にエネルギーが受け渡される非弾性散乱に分けられます。準弾性散乱(quasi elastic scattering, QEL)というのは反応の前後で粒子の種類が変わってしまうので、純粋に弾性散乱ではないという意味です。

SK実験では、観測可能な $\mu$ 粒子の運動量は100MeV/cから7GeV/c程度、電子の場合は200MeV/cから100GeV/cと推定できます(Ref.1)。これらの観測領域では準弾性散乱がおもな反応で、非弾性散乱はもう少しエネルギーの高い領域で優勢になると考えられています。

## 3. ニュートリノ準弾性散乱の断面積

ニュートリノの準弾性散乱の反応式は次のように表されます。

$$\begin{aligned}
 \nu_e + n &\rightarrow p + e^- \\
 \nu_\mu + n &\rightarrow p + \mu^- \\
 \bar{\nu}_e + p &\rightarrow n + e^+ \\
 \bar{\nu}_\mu + p &\rightarrow n + \mu^+
 \end{aligned}
 \tag{01}$$

ここでニュートリノはギリシャ文字 $\nu$ と下付き文字 $e$ または $\mu$ で表され、反ニュートリノに対しては文字 $\nu$ の上にバーを加えます。また標的となる $n$ は中性子を $p$ は陽子を表しますが、岩石や水中の原子核の中に含まれている状態です。

これらの反応が起こる断面積(反応の起こる確率を面積で表したもの)は次のように $Q^2$ の関数として表されます( $Q^2$ の微分断面積)(Ref.2)

$$\frac{d\sigma}{dQ^2} = \frac{G_F^2 \cos^2 \theta_c}{8\pi E_\nu} \left\{ A(Q^2) \pm B(Q^2) \left[ \frac{s-u}{M^2} \right] + C(Q^2) \left[ \frac{s-u}{M^2} \right]^2 \right\}
 \tag{02}$$

ここで、 $Q^2$ と $t, u, s$ はローレンツ不変量で入射ニュートリノの4元運動量を $p_1$ , 標的核子の4元運動量を $p_2$ , 出射レプトン( $\mu$ 粒子または電子)4元運動量を $p_3$ , 反跳核子の4元運動量を $p_4$ で表したとき、次のように定義されます。

$$\begin{aligned}
 s &= (p_1 + p_2)^2 = (p_3 + p_4)^2 \\
 -Q^2 &= t = (p_1 - p_3)^2 = (p_2 - p_4)^2 \\
 u &= (p_1 - p_4)^2 = (p_2 - p_3)^2
 \end{aligned}
 \tag{03}$$

微分断面積の式 (02) で右辺計数項の分子は定数で

$$G_F^2 \cos^2 \theta_c = 5.037 \times 10^{-38} \text{cm}^2/\text{GeV}^2$$

という値を持ちますが、この数字が準弾性散乱の断面積の概数を与えます。また微分断面積の式 (02) の中括弧の中の第 2 項の複号 (±) は、ニュートリノに対しては正 (+) に、反ニュートリノに対しては負 (-) になることを表します。この断面積の式の詳細は (Ref.2) にゆずり、ニュートリノの入射エネルギー  $E\nu$  が 0.5, 1 および 5 GeV のときのミュー・ニュートリノの微分断面積を図1-a に、反ミュー・ニュートリノの微分断面積を図1-b に示します。

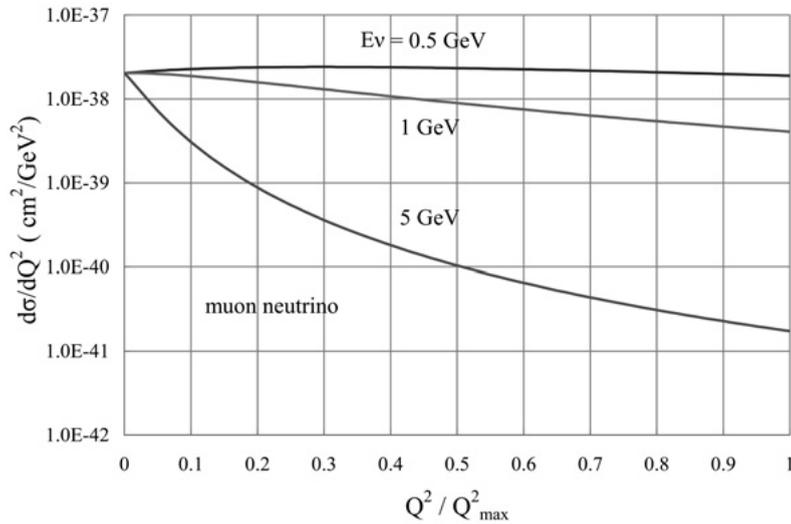


Fig. 1-a

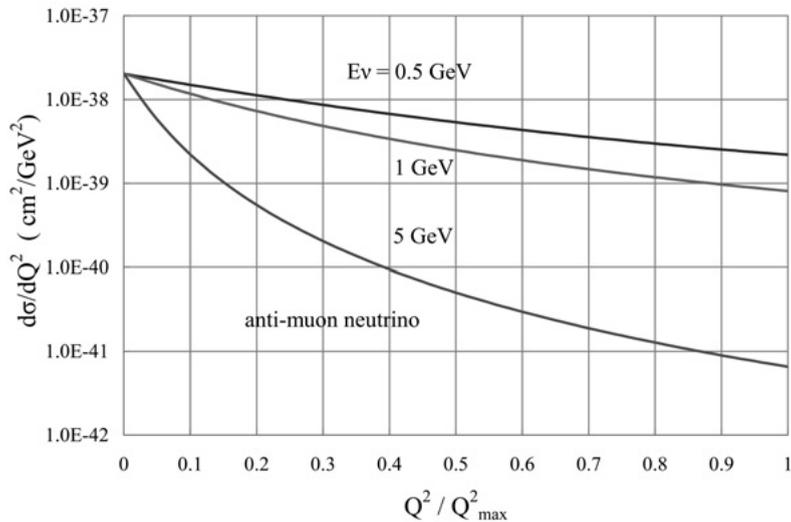


Fig. 1-b

ここで横軸は $Q^2$ そのものではなく入射エネルギー $E_\nu$ に対しとりうる $Q^2$ の最大値 $Q^2_{\max}$ との比で表してあります。ちなみに入射エネルギー $E_\nu = 0.5, 1$ および $5 \text{ GeV}$ に対応する最大値 $Q^2_{\max}$ の値はそれぞれ $0.484, 1.278$ および $8.58 \text{ GeV}^2$ です。

これをとる $Q^2$ のすべての値について積分したものが図2の全断面積となります。

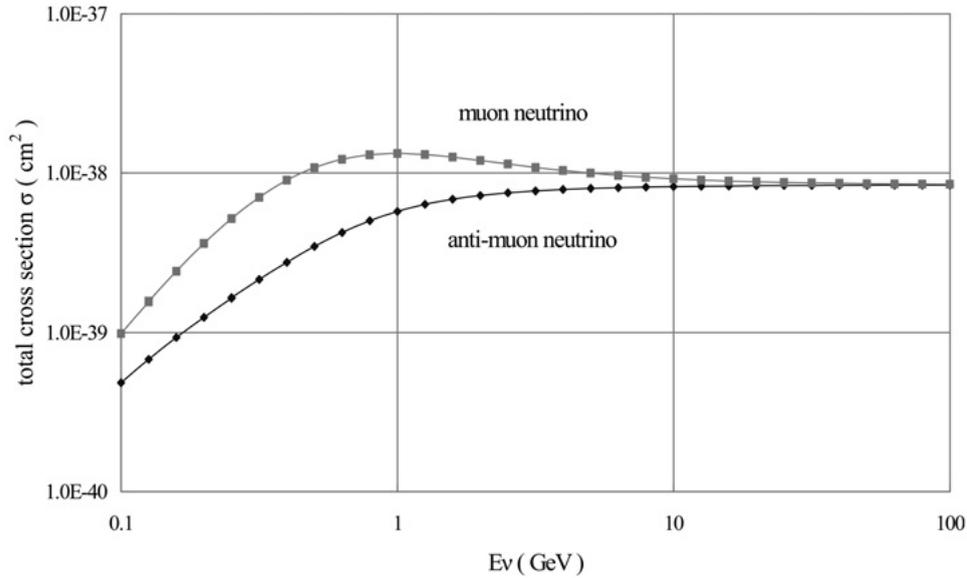


Fig. 2

電子ニュートリノと反電子ニュートリノの微分断面積と全断面積もミュー・ニュートリノと反ミュー・ニュートリノの対応する曲線にほぼ重なりますので省略させていただきます。

#### 4. ニュートリノ準弾性散乱の運動学

前章で示したようにニュートリノの準弾性散乱では、パラメータ $Q^2$ または $t$ と $s$ が決まると出てくる粒子の運動状態がほぼきまります。ここでパラメータ $s$ は入射エネルギーに関係した量で、入射エネルギーを $E_\nu$  (GeV) 標的核子の質量エネルギーを $M$  (GeV/ $c^2$ ) で表すと、

$$s = (p_1 + p_2)^2 = M^2 + 2ME_\nu \quad (04)$$

となります。そして $Q^2$ が決まるとミュー・ニュートリノ $\rightarrow \mu$ 粒子の反応ときには $\mu$ 粒子のエネルギー $E_\mu$  (GeV) は、

$$E_\mu = E_\nu - \frac{Q^2}{2M} \quad (05)$$

で与えられ、 $\mu$ 粒子の進行方向がミュー・ニュートリノの進行方向となす角 $\theta_s$ は、

$$Q^2 = 2E_\nu E_\mu (1 - \cos \theta_s) \quad (06)$$

で決まってしまう。これら(05)と(06)式から散乱 $\mu$ 粒子に許される自由度は、入射ニュート

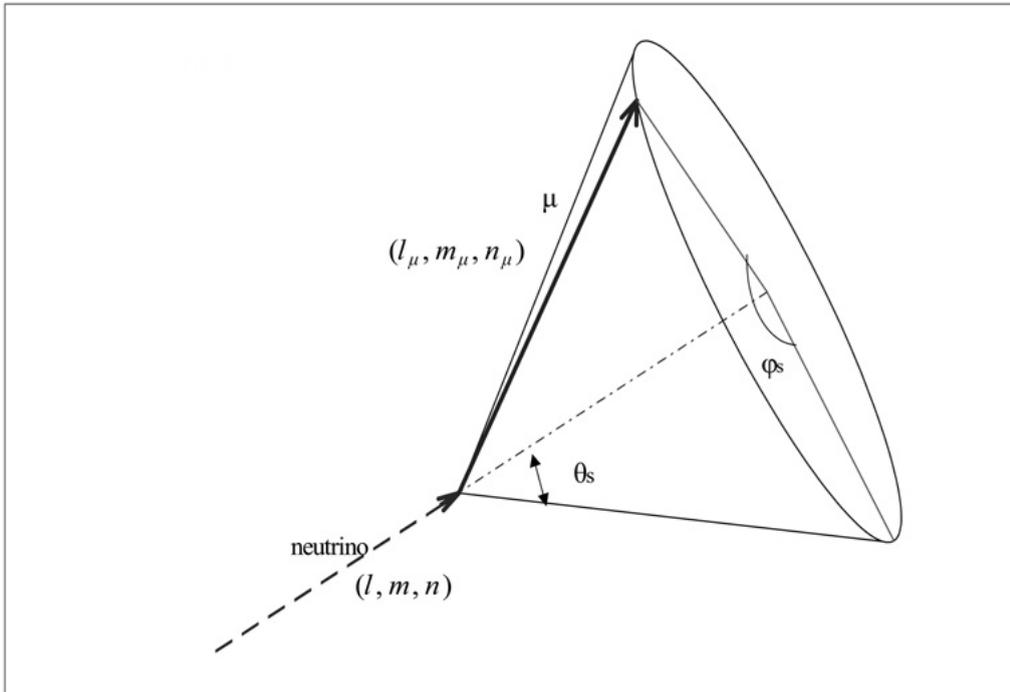


Fig. 3

リノの進行方向に関して方位角方向のみということが分かります（より厳密にいうと、ここに掲げた関係は  $\mu$  粒子の質量エネルギーが無視できる場合に適用できる式ということになります）

いま、ミュー・ニュートリノが方向余弦で表すと  $d = (\ell, m, n)$  の方向へ進行中であるとします。そしてある位置で準弾性散乱がおき、ニュートリノを基準として、角度  $\theta$  の方向に  $\mu$  粒子が放出されたとします。このとき  $\mu$  粒子の進行方向を表す方向余弦  $d_\mu = (\ell_\mu, m_\mu, n_\mu)$  は次の式で与えられます（図 3 参照）

$$\begin{bmatrix} \ell_\mu \\ m_\mu \\ n_\mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta \cos \varphi & -\sin \varphi & \sin \theta \cos \varphi \\ \cos \theta \sin \varphi & \cos \varphi & \sin \theta \sin \varphi \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sin \theta_s \cos \varphi_s \\ \sin \theta_s \sin \varphi_s \\ \cos \theta_s \end{bmatrix} \quad (07)$$

ただし角度  $(\theta, \varphi)$  と方向余弦  $d = (\ell, m, n)$  は次の関係で結ばれています。

$$\begin{bmatrix} \ell \\ m \\ n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \theta \cos \varphi \\ \sin \theta \sin \varphi \\ \cos \theta \end{bmatrix} \quad (08)$$

### 5. 準弾性散乱の断面積シミュレーション

いま、ミュー・ニュートリノのエネルギーと入射方向が与えられたときに、出てくミュー粒子のエネルギーと散乱方向をシミュレートする方法を考えましょう。それには

- (1)  $Q^2$  の値を決める
- (2) 散乱  $\mu$  粒子のエネルギー  $E_\mu$  を求める (05) 式

- (3) 散乱角 $\theta_s$ を求める (06) 式  
 (4) 散乱方位角 $\varphi_s$ をきめる  
 (5) 散乱方向 $d_\mu = (\ell_\mu, m_\mu, n_\mu)$ を求める (07) 式  
 という順序になります。

### (1) $Q^2$ の値のサンプリング

準弾性散乱では、 $Q^2$ の値は最小値0から最大値 $Q^2_{\max}$ までの間の値を取りますが、どの値をどれほどの頻度で取るかを示したのが(02)式です。これを図示したものが図1-a(反ミュー・ニュートリノのときは図1-b)です。ランダムな順序でこのような分布に従うように $Q^2$ の値を決めていく操作を「 $Q^2$ のサンプリング」とよびます。サンプリングの方法は何種類か知られていますが(Ref.3)ここでは補間法を用いた逆関数法を用います。

ニュートリノのエネルギー $E_\nu$ をきめると、 $Q^2_{\max}$ もきまるので、 $x = Q^2/Q^2_{\max}$ とおき、その変域 $[0,1]$ を20等分した点に対し次のような積分断面積を計算します。

$$W(E_\nu, Q^2/Q^2_{\max}) = \int_{Q^2}^{Q^2_{\max}} \frac{d\sigma}{dx} dx \quad (09)$$

積分は最大値から最小値に向かって値が増加するようになっています。この最大値は全断面積、

$$\sigma(E_\nu) = W(E_\nu, 0) = \int_0^{Q^2_{\max}} \frac{d\sigma}{dx} dx \quad (10)$$

になります。積分断面積を全断面積で割った、

$$X(E_\nu, Q^2/Q^2_{\max}) = W(E_\nu, Q^2/Q^2_{\max})/\sigma(E_\nu) \quad (11)$$

は、規格化積分断面積とも呼ぶべき量で、その値域は $[0,1]$ となります。図4にミュー・ニュートリノのエネルギー $E_\nu = 0.5, 1$ と2GeVのときの規格化積分断面積(図中の曲線)を掲げます。一様乱数 $\xi_1$ を用いて方程式

$$X(E_\nu, Q^2/Q^2_{\max}) = \xi_1 \quad (12)$$

を満たす $x = Q^2/Q^2_{\max}$ を計算します。この計算は補間法を用いて行います。このように確率に対応する変数を方程式の解として求めるサンプリング方法を逆関数法と言います。図4の中の階段状のグラフはこのようにしてサンプルした $Q^2/Q^2_{\max}$ の積分頻度分布の例で、最大値のほうから積分してあります。規格化積分断面積とよく一致していることが見て取れます。

逆関数法では断面積の積分形を用いますが、積分の下端(この例で $Q^2_{\min} = 0$ )を固定する場合と上端(この例で $Q^2_{\max} = 0$ )を固定する場合があります。どちらを固定すべきか様々な要素を勘案して決めます。ここに掲げた例では、図4からも分かるように、ニュートリノのエネルギーが高くなるにつれて、小さな $Q^2/Q^2_{\max}$ のところで曲線の傾きが急になります。つまり小さな $Q^2/Q^2_{\max}$ の現れる確率が大きくなるのです。このような場合は積分の上端を固定した方が良いと言えます。逆に大きな $Q^2/Q^2_{\max}$ がでる確率が高いときには、積分の下端を固定した積分断面積を用いるべきでしょう(Ref.4)

ニュートリノのエネルギーが規格化積分断面積を計算したエネルギーと等しい時には、そのまま

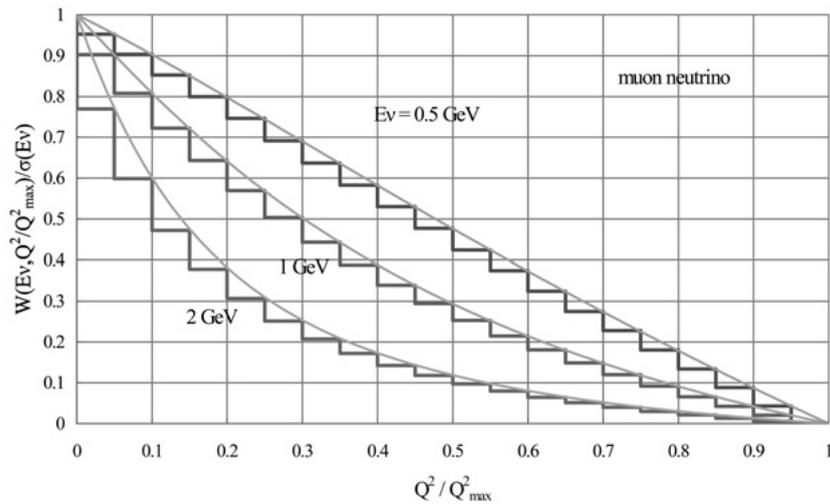


Fig. 4

$Q^2/Q_{\max}^2$  のサンプルリングが出来ますが、一般には一致しません。ある範囲内でのすべてのエネルギーに対してサンプルリングを行うには、次のようにします。ミュー・ニュートリノの場合は、 $0.1 < E_\nu < 10\text{GeV}$  のサンプルリングを行っています（実は  $10 < E_\nu < 1000\text{GeV}$  の範囲でもサンプルリングを行っています、異なる計算方法を用いています）。サンプルリングを行おうとするエネルギー領域を対数的に等分します。ミュー・ニュートリノの場合は 2 桁を対数的に 20 等分します。このそれぞれのエネルギー  $E_{\nu k}$  に対し規格化積分断面積を計算しておきます。いま、ニュートリノのエネルギー  $E_\nu$  が与えられたときには、この値に最も近い  $E_{\nu k}$  に対し (12) 式を用いて  $Q^2/Q_{\max}^2$  を計算し、この値をエネルギー（の対数）で内挿します (Ref.4)。

#### (4) 散乱方位角 $\varphi_s$ をきめる

方位角はニュートリノとの関係だけでなく、観測系全体との整合性をもってきめるべきです。一様乱数  $\xi_2$  を用いて

$$\varphi_s = 2\pi\xi_2 \quad (13)$$

でサンプルリングできます。

## 6. 準弾性散乱のシミュレーション例

前章までに述べてきた方法で、ミュー・ニュートリノおよび反ミュー・ニュートリノの準弾性散乱により発生した  $\mu$  粒子（正負）のシミュレーションが可能です。ニュートリノのエネルギー分布や、天頂角（または天低角）分布を与えれば、ミュー粒子の天頂角（または天低角）が得られますが、それらの話はまた次の機会に述べたいと思います。もっと単純なシミュレーション例として、ニュートリノのエネルギーを  $0.5\text{GeV}$  に固定し、入射方向を  $90^\circ$ （水平方向）に固定した時の例を図 5 に掲げます。図 5 - a は  $\mu$  粒子（-）のエネルギーを横軸にとり縦軸は  $\mu$  粒子の天低角のコサインをとった相関プロット（500 例）です。また図 5 - b は  $\mu$  粒子（+）のもので、エネルギーと天低角のどの範囲に粒子がでるかが良く判る図だと思えます。

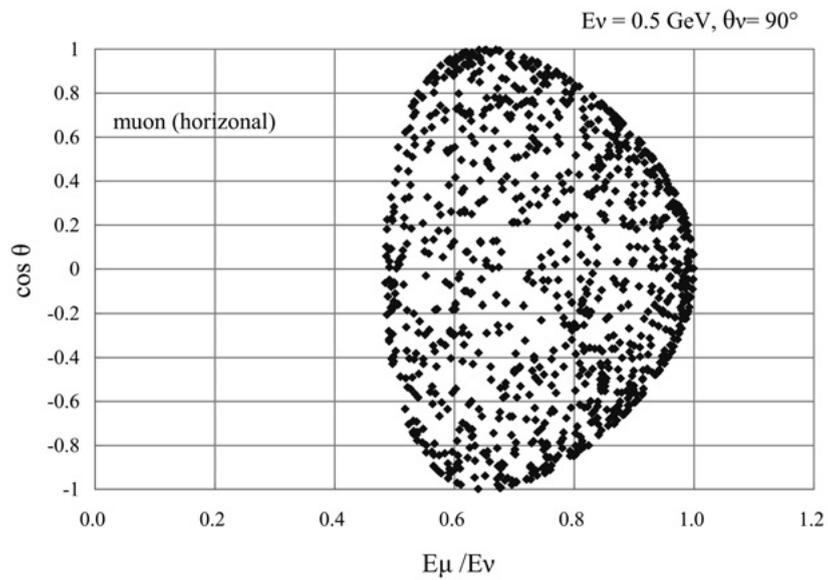


Fig. 5-a

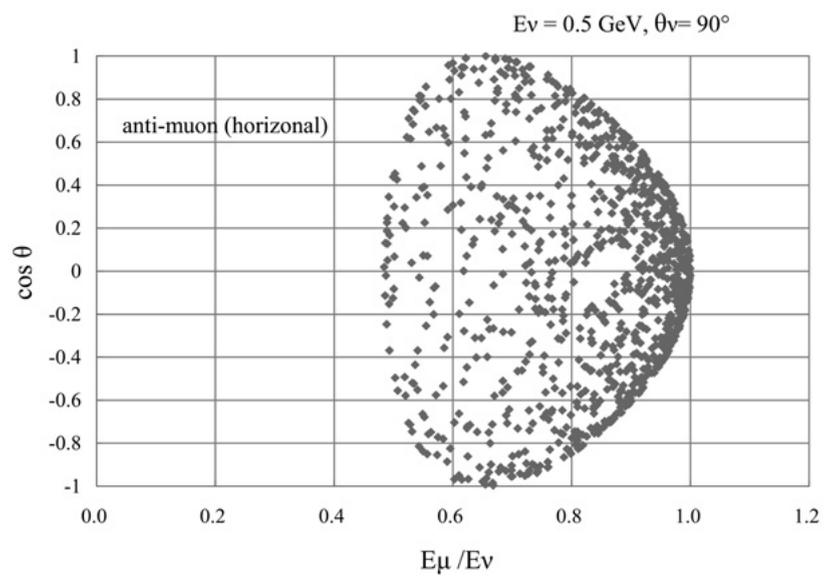


Fig. 5-b

## 7. むすび

今回の報告は、シミュレーション計算の対象の説明と、計算技法の説明にスペースを取られてしまい、物理的に意味のある結果の紹介までたどり着けませんでした。次回にはその報告ができると思います。ご期待ください。

**参考文献 (References)**

- [1] Konishi,E., Galkin,V. and Misaki,A. Proc.27thICRC,p1227-1230,2001 ( Hamburg )
- [2] Renton,P. Electroweak interactions, Cambridge University Press ( 1999 )
- [3] Messel,H. and Crawford,D. Electron-photon shower distribution function, Pergamon Press( 1970 )
- [4] Konishi,E., Adachi,A., Takahashi,N. and Misaki,A. J.Phys.G; Nucl. Part. Phys. 17 ( 1991 )  
719-732

# Simulations on neutrino scattering I

## Simulation on QEL

Eiichi Konishi

*Department of Electronic and Information System Engineering  
Faculty of Science and Technology, Hirosaki University  
Hirosaki, 036-8561, Japan*

( Received June 11, 2004 )

### Abstract

The technique to express the physical processes or the objects related to some technological problem in the computer and to investigate their natures is called as simulation. One of the most attractive objects is neutrino because it hardly interacts with matters just like called as a ghost particle. Recently, neutrino is received much attentions by the reports on SuperKamiokande experiments (called as SK experiment). Many scientists, of course, attend to the SK experiment performs many simulation calculations on the neutrino interaction. But many problems are remained unresolved yet such as distributions of Cherenkov lights from muons or electron cascades, discrimination of electron neutrinos from muon neutrinos, resolutions for vertex points of produced particles in SK, resolutions for the directions of observed particles in SK, and so on. We started simulation calculation on neutrino interactions in SK on the critical point of views of the experiment. In this report, quasi elastic scattering (QEL scattering) of neutrinos is introduce, at first, because it is the most effective interaction to detect neutrinos in SK. Also techniques to simulate QEL scattering are introduced.

## 年間研究業績リストの理工学部研究報告への掲載について

昨年より，弘前大学理工学部では研究活動の広報の一環として，理工学部教員の年間研究業績を理工学部研究報告に掲載しています．年1回，各年の第1号（8月発行）に前年（1月～12月）に行われた研究業績を掲載します．本号では2003年の年間研究業績が掲載されており，研究業績リストには次の各項が含まれています．

学術論文（Proceedings等を含む）

著書

学会発表（ポスター発表を含む）

主催した学会および研究集会（特別セッションのコンビーナを含む）

特許

その他（受賞，研究成果報告書，一般招待講演等）

研究業績リストは学科ごとおよび上記の項目ごとに分類され，理工学部に所属する教員の氏名にはアンダーラインがついています．

## 2003年 研究業績リスト

## 数理システム科学科

## 【学術論文 (Proceedings 等を含む)】

- M. Kratzer, W. Lempken, O. Michler, and K. Waki, Another existence and uniqueness proof for McLaughlin's simple group, *Journal of Group Theory*, vol. 6 (4), 443-459, 2003.
- O. Michler, M. Weller, and K. Waki, Natural existence proof for Lyons simple group, *Journal of Algebra and its Applications*, vol. 2 no. 3, 277-315, 2003.
- M. Sakaki, Two classes of spacelike stationary surfaces in semi-Riemannian space forms, *Kyushu J. Math.*, 57, 159-164, 2003.
- T. Komatsu, The interval associated with a Fibonacci number, *Fibonacci Quart.* 41, 3-6, 2003.
- T. Komatsu, On Taseev's continued fractions, *Math. Proc. Cambridge Philos. Soc.* 134, 1-12, 2003.
- T. Komatsu, On Hurwitzian and Taseev's continued fractions, *Acta Arith.* 107, 161-177, 2003.
- T. Komatsu, Simple continued fraction expansions of some values of certain hypergeometric functions, *Tsukuba J. Math.* 27, 161-173, 2003.
- T. Komatsu, On the number of solutions of the Diophantine equation of Frobenius—General case, *Math. Communications* 8, 195-206, 2003.
- T. Komatsu, Recurrence relations of the leaping convergents, *JP J. Algebra Number Theory Appl.* 3, 447-459, 2003.
- T. Komatsu, Arithmetic properties of the leaping convergents of  $e^{1/s}$  (数理解析研究所講究録1319, 85-94, 2003.
- M. Ito, H. Nakazato, K. Okubo, and T. Yamazaki, On generalized numerical of the Aluthge transformation, *Linear Algebra Appl.* vol.370, pp.147-161, 2003.
- H. Nakazato, Remark on Poncelet's closure theorem, *Bull. Fac. Sci. Technol. Hirosaki Univ.* vol. 5, no. 2, pp.1-10, 2003.
- H. Nakazato, Numerical range of certain weighted bilateral shift matrices, *Bull. Fac. Sci. Technol. Hirosaki Univ.* 6, no. 1, pp. 1-18, 2003.
- X. Chen and K. Hashimoto, Numerical validation of solutions of saddle point matrix equations, *Numerical Linear Algebra with Applications*, 10, 661-672, 2003.
- X. Chen and K. Hashimoto, Verification methods for nonlinear equations with saddle point functions, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 159, 13-24, 2003.
- Z. Wei, L. Qi and X. Chen, An SQP-type method and its application in stochastic programs, *Journal of Optimization Theory and Applications*, 116, 205-228, 2003.
- B. Mermri and X. Chen, On characterizations and regularity of the solution of bilateral obstacle problems, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 152, 333-345, 2003.
- Masamichi Kon and Shigeru Kushimoto, Efficient solutions of multicriteria location problems with the polyhedral gauge, *Scientiae Mathematicae Japonicae*, 57, 177-185, 2003.
- Masamichi Kon, Efficient solutions of multicriteria location problems with rectilinear norm, in *Proceedings of the Second International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis* edited by W. Takahashi and T. Tanaka, Yokohama Publishers, Japan, 209-220, 2003.
- Masamichi Kon, Public opinion survey on home education: application of location problems with rectilinear norm, *Scientiae Mathematicae Japonicae*, 58, 99-111, 2003.
- K. Motose, On the nilpotency index of the radical of a group algebra. XII, *Bull. Fac. Sci. Tech. Hirosaki Univ.*, Vol. 6, pp. 25-29, 2003.
- K. Motose, On Gauss sums and Vandermonde matrices, *Bull. Fac. Sci. Tech. Hirosaki Univ.*, Vol. 6, pp. 69-78, 2003.

K. Motose, On values of cyclotomic polynomials. V, Math. J. Okayama Univ., Vol. 45, pp. 29–36, 2003.

### 【著書】

G. Alefeld, X. Chen, and T. Yamamoto( 共同編集 ) Recent Advances in Computational Mathematics, Journal of Computational and Applied Mathematics, Elsevier Science Publishers, North-Holland, 614p, 2003.

### 【学会発表(ポスター発表を含む)】

丹原大介, テンソル圏上の関手圏の中心, 数学会年会, 千葉大学, 2003年9月26日.

丹原大介, 有限群上の中心的Mackey関手, 数学会年会, 千葉大学, 2003年9月26日.

永瀬範明, 種々の関数系に対するinvariance principleの試み, 第18回「マルチンゲールとその応用」に関する研究会, 山形県最上町, 2003年7月28~30日.

二ツ矢昌夫, 故障したコンポーネント情報によるコヒーレントシステムの推測, 日本統計学会, 名城大学, 2003年9月5日.

脇克志, Minimum Diameter of Symmetric Group, 第15回有限群論草津セミナー, 草津セミナーハウス, 2003年8月1日.

脇克志, On calculations of modular irreducible characters with the help of computers, 第36回環論および表現論シンポジウム, 弘前大学理工学部, 2003年10月12日.

倉坪茂彦, On pointwise convergence of Fourier series in several variables II, 調和解析セミナー, 日本女子大目白キャンパス百年館, 2003年12月26日.

小松尚夫, Infinite sum representation algorithm of continued fraction expansions, 日本応用数学会「数論アルゴリズムとその応用」研究部会(JANT)第10回研究集会, 京都リサーチパーク(京都大学情報学研究所後援) 2003年5月10日.

小松尚夫, 連分数から実数へ, 解析的整数論研究集会, 京都大学数理解析研究所, 2003年9月29日.

小松尚夫, Infinite sum representation algorithm of continued fraction expansions, II, 第5回「代数学と計算」研究集会(AC2003), 東京都立大学国際交流会館, 2003年10月10日.

中里博, 数域に登場するボンスレ型の性質, 第42回実函数論函数解析合同シンポジウム, 八王子市拓殖大学工学部, 2003年7月28日.

H. Nakazato, The  $q$ -numerical range of reducible  $3 \times 3$  matrices, International Conference on Matrix Analysis and Applications, 米国フロリダ州 Fort Lauderdale, Nova Southeastern University, 2003年12月14日.

陳小君, First order conditions for nonsmooth constrained optimal control problems, 日本数学会2003年度年会, 東京大学駒場キャンパス, 2003年3月25日.

Xiaojun Chen, First Order Conditions for Nonsmooth Constrained Optimal Control Problems, Applied Mathematics Seminar, Department of Applied Mathematics, The University of New South Wales, 4 September 2003.

陳小君・福島雅夫, Approximation and convergence in stochastic linear complementarity problems, 「数値解析と新しい情報技術」研究集会, 2003年12月8日.

Xiaojun Chen, Numerical methods for nonsmooth constrained optimal control problems, Applied Mathematics Seminar, Department of Applied Mathematics, Beijing Jiaotong University, 11 December 2003.

Xiaojun Chen and Masao Fukushima, A new formulation for stochastic linear complementarity problems, International Workshop on Risk Management, Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 14 December, 2003. (Keynote Speech)

金正道, ファジィ配置問題について, 日本オペレーションズ・リサーチ学会「意思決定とOR」研究部会第2回研究集会, 福井工業大学, 2003年7月19日.

Masamichi Kon, On fuzzy multicriteria location problems, The Third International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis, Tokyo Institute of Technology, 25 August, 2003.

金正道, ファジィ多目的配置問題について, 非線形解析学と凸解析学の研究研究集会, 京都大学数理解析研究所, 2003年9月18日.

金正道・久志本茂, ファジィ配置問題, ファジィー決定過程における頑健性構造の理論と応用に関する研究, 千葉大学, 2003年10月18日.

K. Motose, Let's use cyclotomic polynomials in your lectures for your students, 36th Symposium on Ring theory and Representation Theory, M. Sato, Hirosaki University, 12th Oct. 2003.

**【主催した学会および研究集会（特別セッションのコンピナーを含む）】**

「第36回環論および表現論シンポジウム」, プログラム責任者: 佐藤眞久, 会場責任者: 本瀬香, 弘前大学, 2003年10月11日(土)–13日(月)

**【その他（受賞, 研究成果報告書, 一般招待講演等）】**

脇克志, Minimum Diameter of Symmetric Group, 第15回有限群論草津セミナー報告集, 50–53, 2003年.

M. Sakaki, “ T. Vlachos, Congruence of minimal surfaces and higher fundamental forms, Manuscripta Math., 110, 77–91, 2003 ” の評論, Mathematical Reviews, 2003k:49080.

小松尚夫, Infinite sum representation algorithm of continued fraction expansions, II, 第5回「代数学と計算」研究集会(AC2003)報告集, 東京都立大学理学研究科, <ftp://tnt.math.metro-u.ac.jp/pub/ac03/>

N. Nakazato, 論文C.K. Li, B.S.Tam, P.Y. Wu: “ The numerical range of a nonnegative matrix ”, Linear Algebra Appl. 350 ( 2002 ) 1–23 の解説, Mathematical Reviews 2003d:15032.

N. Nakazato, 論文C.K. Li, P. Semrl: “ Numerical radius isometries ”, Linear Multilinear Algebra 50 ( 2002 ) no. 4, 307–314の解説, Mathematical Reviews 2003i:15025.

## 物質理工学科

## 【学術論文 (Proceedings等を含む)】

- H. Harima, K. Takegahara, K. Ueda and S. H. Curnoe, Origin of the Metal-Insulator Transition in  $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ , *Acta Physica Polonica*, B 34, 1189-1192, 2003.
- H. Harima and K. Takegahara, X-dependence of Electronic Bandstructures for  $\text{LaFe}_4\text{X}_{12}$  ( X = P, As, Sb ) *Physica*, B 328, 26-28, 2003.
- K. Takegahara and H. Harima, Systematic Study of Electronic Band Structures for Binary Skutterudite Compounds, *Physica*, B 328, 74-76, 2003.
- K. Takegahara and H. Harima, FLAPW Electronic Band Structure of the Filled Skutterudite  $\text{ThFe}_4\text{P}_{12}$ , *Physica*, B 329-333, 464-466, 2003.
- S. H. Curnoe, K. Ueda, H. Harima and K. Takegahara, Multipolar Ordering in Half-Integral Spin Systems, *Physica*, B 329-333, 474-475, 2003.
- H. Harima and K. Takegahara, Fermi Surface of the Filled Skutterudite  $\text{LaOs}_4\text{Sb}_{12}$ , *Physica*, C 388-389, 555-556, 2003.
- H. Harima and K. Takegahara, Conduction Bands in the Filled Skutterudites, *J. Phys.: Condens. Matter*, 15, S2081-S2086, 2003.
- T. Okazaki, T. Kubota, Y. Furuya, S. Kajiwara and T. Kikuchi, Ferromagnetic Shape Memory of Nanostructure Fe-Pd Alloy, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 740, 417-422, 2003.
- T. Okazaki, Y. Furuya, M. Spearing and N. W. Hagood, Non-Destructive Detectability of Phase Transformation and Stress-Damaged State of Ferromagnetic Shape Memory Fe-Pd Alloy for Health-Monitoring, *Materials Research Society of Japan*, 28, 667-670, 2003.
- T. Okazaki, H. Nakajima and Y. Furuya, Large Magnetostriction of Fe-29.6at%Pd Alloy Ribbon under Tensile Stress, *Mater. Trans. JIM.*, 44, 665-668, 2003.
- M. Sato, T. Okazaki, Y. Furuya and M. Wuttig, Magnetostrictive and Shape Memory Properties of Heusler Type  $\text{Co}_2\text{NiGa}$  Alloy, *Mater. Trans. JIM.*, 44, 372-376, 2003.
- Y. Kishi, C. Craciunescu, M. Sato, T. Okazaki, Y. Furuya, M. Wuttig, Microstructure and Magnetic Properties of Rapidly Solidified  $\text{CoNiGa}$  Ferromagnetic Shape Memory Alloys, *J. Mag. Mag. Mater.*, 262, 186-191, 2003.
- T. Miyanaga, T. Okazaki, R. Maruko, K. Takegahara, S. Nagamatsu, T. Fujikawa, H. Kon and Y. Sakisaka, Magnetic X-Ray Absorption Fine Structure for Ni-Mn Alloys, *J. Synchrotron Rad.*, 10, 113-119, 2003.
- S. Ito, H. Inabe, N. Morita, K. Ohta, T. Kitamura and K. Imafuku, Synthesis of Poly(6-azulenylethynyl) benzene Derivatives as a Multi-Electron Redox System with Liquid Crystalline Behavior, *J. Am. Chem. Soc.*, 125, 1669-1680, 2003.
- S. Ito, M. Kurita, S. Kikuchi, T. Asao, Y. Ito, M. Oda, H. Sotokawa, A. Tajiri and N. Morita, Synthesis, Absolute Configuration and Conformation of Optically Active 1, 2-Homoheptafulvalene, *Org. Biomol. Chem.*, 1, 488-492, 2003.
- S. Ito, R. Yokoyama, T. Okujima, T. Terazono, T. Kubo, A. Tajiri, M. Watanabe and N. Morita, Reaction of Azulenes with 1-Trifluoromethanesulfonylpyridinium Trifluoromethanesulfonate ( TPT ) and Synthesis of the Parent Azulene, *Org. Biomol. Chem.*, 1, 1947-1952, 2003.
- S. Ito, T. Okujima, C. Kabuto and N. Morita, Preparation, Characterization, and Cycloaddition Reaction of the Heterocumulenes Attached Directly to Azulenes. An Efficient Strategy for the Preparation of Azulene-Substituted Heterocycles, *Tetrahedron*, 59, 4651-4659, 2003.
- S. Ito, T. Kubo, M. Kondo, C. Kabuto, N. Morita, T. Asao, K. Fujimori, M. Watanabe, N. Harada and M. Yasunami, Synthesis, Stability and Bonding Situation of Tris-, Bis- and Mono-[9-( azuleno [ 1, 2-b ]thienyl )]methyl Cations, *Org. Biomol. Chem.*, 1, 2572-2580, 2003.

- R. Yokoyama, S. Ito, T. Okujima, T. Kubo, M. Yasunami, A. Tajiri and N. Morita, Synthesis of 2-Aminoazulene Derivatives. Nucleophilic and Palladium-Catalyzed Amination of 2-Substituted Azulene, *Tetrahedron*, 59, 8191–8198, 2003.
- S. Ito, S. Moriyama, M. Nakashima, M. Watanabe, T. Kubo, M. Yasunami, K. Fujimori and N. Morita, Synthesis of Azulenylheterocyclic Compounds using 2-(2-Azulenyl)ethynyltriphenylphosphonium Bromide, *Heterocycles*, 61, 339–348, 2003.
- S. Ito, T. Kubo, N. Morita, T. Ikoma, S. Tero-Kubota and A. Tajiri, Synthesis, Stability, and Redox Behavior of D(1-azulenyl)(6-azulenyl)methylmethyl Hexafluorophosphates. Generation of a Donor-Acceptor Substituted Neutral Radical by Azulenes, *J. Org. Chem.*, 68, 9753–9762, 2003.
- 小林孝輝・糠塚いそし・宮下文秀・大関邦夫, テフロンチューブを用いる銅(II)-オキシンスルホン酸錯体のインチューブ固相マイクロ抽出 / 電熱原子吸光法, *分析化学*, 第52巻, 第10号, 917–921, 2003.
- 佐野祐司・加藤朋美・糠塚いそし・大関邦夫, ヒ素-APDC錯体の固相抽出と銅-APDC錯体への変換に基づくヒ素(III)の吸光光度定量, *分析化学*, 第52巻, 第12号, 1153–1158, 2003年
- J. Kawakami, R. T. Bronson, G. Xue, J. S. Bradshaw, P B. Savage and R. M. Izatt, Characterization of Bis-8-hydroxyquinoline-Armed Diazatritia-16-crown-5 and Diazadibenzo-18-crown-6 Ligands as Fluorescent Chemosensors for Zinc, *J. Supramolecular Chem.*, 1, 221–227, 2001, 2003.
- J. Kawakami, K. Shimozaki, T. Niiyama, M. Nagaki and H. Kitahara, Fluorescent Chemosensors by Excimer Emission for Magnesium, Calcium or Zinc Ions, *Recent Res. Devel. Pure & Applied Chem.*, 6, 1–6, 2003.
- J. Kawakami, R. Miyamoto, K. Kimura, K. Obata, M. Nagaki and H. Kitahara, Ab Initio Molecular Orbital Study of Emission Mechanism of 2, 6-Bis(quinolinecarboxy)methylpyridine as Fluorescent Chemosensors for Zinc and Cadmium Ions, *J. Comput. Chem. Jpn.*, 2, 57–62, 2003.
- J. Kawakami and R. Miyamoto, Ab Initio Molecular Orbital Study of Emission Mechanism of Fluorescent Chemosensors for Metal Ion, *Research Advances in Photochemistry & Photobiology*, 2, 1–11, 2003.
- J. Kawakami, M. Ohta, Y. Yamauchi and K. Ohzeki, 8-Hydroxyquinoline Derivative as a Fluorescent Chemosensor for Zinc Ion, *Anal Sci.*, 19, 1353–1354, 2003.
- H. Kitahara, Y. Kitayama, D. Ishikawa, T. Sakurai, J. Kawakami, M. Nagaki, T. Fukui and T. Okabe, Products and Antibacterial Activity of Thermolysis of Apple Lees, *Trans. MRS-J*, 28 [ 4 ] 1045–1048, 2003.
- 三上尊正・中藤日出樹・遠田義晴・末光真希・真下正夫, 高周波マグネトロンスパッタリング法により作製したダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜の構造と熱的安定性, *表面科学*, 24巻, 411–416頁, 2003.
- M. Mashita, T. Numata, H. Nakazawa, Y. Kajikawa, B. H. Koo, H. Makino and T. Yao, Photoluminescence from Ultrathin InAs/GaAs Single Quantum Wells Grown on GaAs(111)A Substrates, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 42, L807–L809, 2003.
- M. Mashita, T. Numata, B. H. Koo, H. Makino and T. Yao, Ultrathin InAs/GaAs Single Quantum Wells Grown on GaAs(111)A Substrates by Molecular Beam Epitaxy, *IEE Proc.-Optoelectron.*, 150, 399–402, 2003.
- S. Ichikawa, J. Suda, T. Sato and Y. Suzuki, Lattice Dynamics and Temperature Dependence of the First-Order Raman Spectra for-SiO<sub>2</sub> Crystal, *J. Raman Spectrosc.*, 34, 135–141, 2003.
- Y. Suzuki, K. Kita and N. Matsumoto, The Square Columnar Model in Enhancement of an Electromagnetic Field, *Applied Physics A*, 77, 613–617, 2003.
- Y. Suzuki, H. Makanae, H. Kudo, T. Miyanaga, T. Nanke and T. Kobayashi, Anomalous Infrared and Visible Light Absorption by the Spherical Gold Nano Particles Dispersed in a Comb Copolymer, *Applied Physics A*, 78, 335–338, 2003.
- T. Azuhata, T. Homma, Y. Ishikawa and SF. Chichibu, InGaN-Based Single-Chip Multicolor Light-Emitting Diodes, *Jpn. J. Appl. Phys.* 42, L497–L498, 2003.

- T. Azuhata, M. Takesada, T. Yagi, A. Shikanai, SF. Chichibu, K. Torii, A. Nakamura, T. Sota, G. Cantwell, D.B. Eason and C.W. Litton, Brillouin Scattering Study of ZnO, *J. Appl. Phys.* 94, 968–972, 2003.
- T. Onuma, SF. Chichibu, T. Aoyama, K. Nakajima, P. Ahmet, T. Chikyow, T. Azuhata, T. Sota, S. Nagahama and T. Mukai, Influence of Internal Electric Field on the Recombination Dynamics of Localized Excitons in an InGaN Double-Quantum-Well Laser Diode Wafer Operated at 450 nm, *Jpn. J. Appl. Phys.* 42, 7276–7283, 2003.
- K. Senthil, H. Nakazawa, M. Suemitsu, Adsorption and Desorption Kinetics of Organosilanes at S(001) Surfaces, *Jpn. J. Appl. Phys. Part1*, 42, 6804–6808, 2003.
- H. Nakazawa and M. Suemitsu, Formation of Quasi-Single-Domain 3C-SiC on Nominally On-Axis Si(001) Substrate Using Organosilane Buffer Layer, *J. Appl. Phys.*, 93, 5282–5286, 2003.
- 中澤日出樹・末光眞希・真下正夫, 有機シランガスを用いたSi基板上シングルドメインSiC薄膜の形成メカニズム, *表面科学*, 24巻, 429–433頁, 2003.
- H. Nakazawa, T. Mikami, Y. Enta, M. Suemitsu and M. Mashita, Structure, Chemical Bonding and These Thermal Stabilities of Diamond-Like Carbon (DLC) Films by RF Magnetron Sputtering, *Jpn. J. Appl. Phys. Part2*, 42, L676–L679, 2003.
- Y. Takanishi, S. Yoshida, T. Ogasawara, K. Ema, H. Yao, A. Yoshizawa, T. Kusumoto, T. Hiyama, K. Ishikawa and H. Takezoe, Cubic and Blue Phases in a Fluorine-Containing Dichiral Compound, *Mol. Cryst. & Liq. Cryst.*, 401, 133, 2003.
- A. Yoshizawa, K. Yamamoto, H. Dewa, I. Nishiyama, J. Yamamoto and H. Yokoyama, A Novel Frustrated Phase Produced by a Binary System of Non-symmetric Dimeric Liquid Crystals, *J. Mater. Chem.*, 13, 172, 2003.
- A. Yoshizawa, T. Narumi, H. Dewa, S. Hatai, N. Araake, I. Nishiyama, J. Yamamoto and H. Yokoyama, Molecular Organization by Head to Tail Recognition for Polar Liquid Crystals" (Invited paper) *Proceedings of SPIE*, 5213, 78, 2003.
- T. Abe, N. Kawai, A. Tajiri, and M. Kaneko, Electrochemistry of Ruthenium Purple Confined in a Polymer Matrix: Voltammetry, Electrocatalysis for Hydrogen Evolution, and Electron Transport Characteristics, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 76, 645–650, 2003.
- T. Abe, T. Fujita, K. Sekimoto, A. Tajiri and M. Kaneko, Electrochemical Hydrogen Evolution by Catalyst Membrane Composed of Platinum, Alkyl Viologen and Nafion: Consideration of the Kinetically Dominant Factor Based on Understanding of Electron-Mediating Ability of the Viologen Molecule, *J. Mol. Catal. A: Chemical*, 201, 55–62, 2003.
- T. Abe and M. Kaneko, Reduction Catalysts Confined in a Polymer Matrix, *Prog. Polym. Sci.*, 28, 1441–1488, 2003.
- M. Sagisaka, S. Yoda, Y. Takebayashi, K. Otake, Y. Kondo, N. Yoshino, H. Sakai and M. Abe, Effects of CO<sub>2</sub>-Philic Tail Structure on Phase Behavior of Fluorinated Aerosol-OT Analogue Surfactant/Water/Supercritical CO<sub>2</sub> Systems, *Langmuir*, 19, 8161–8167, 2003.
- M. Sagisaka, S. Yoda, Y. Takebayashi, K. Otake, Y. Kondo, N. Yoshino, H. Sakai and M. Abe, Formation and Interfacial Properties of Water-in-Supercritical CO<sub>2</sub> Microemulsions with Fluorinated Surfactant, *Proceedings of First International Symposium on Process Intensification and Miniaturisation*, ISBN# 0-9545956-0-2, 2003.
- M. Sagisaka, K. Otake, S. Yoda, Y. Takebayashi, T. Sugeta, A. Nakazawa, Y. Kondo, N. Yoshino, H. Sakai and M. Abe, Development of Fluorinated Surfactant for Water-in-Supercritical CO<sub>2</sub> Microemulsion, *Proceedings of the 6th International Symposium on SUPERCRITICAL FLUIDS*, 2, 935–940, 2003.
- M. Sagisaka, Y. Ozaki, S. Yoda, Y. Takebayashi, K. Otake, Y. Kondo, N. Yoshino, H. Sakai and M. Abe, Phase Behavior and Interfacial Properties of Water-in-Supercritical CO<sub>2</sub> Microemulsions Formed with Aid of Fluorinated Surfactants, *Material Technology*, 21, 36–42, 2003.

- M. Sagisaka, S. Yoda, Y. Takebayashi, K. Otake, B. Kitiyanan, Y. Kondo, N. Yoshino, K. Takebayashi, H. Sakai and M. Abe, Preparation of a W/scCO<sub>2</sub> Microemulsion Using Fluorinated Surfactants, *Langmuir*, 19, 220–225, 2003.
- S. Fujita, K. Suzuki, M. Ohkawa, T. Mori, Y. Iida, Y. Miwa, H. Masuda and S. Shimada, Oxidative Destruction of Hydrocarbons on A New Zeolite-like Ca<sub>12</sub>Al<sub>10</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>35</sub> Crystal Including O<sub>2</sub><sup>-</sup> and O<sub>2</sub><sup>2-</sup> Radicals, *Chem. Mater.* 15, 255–263, 2003.
- S. Fujita, K. Suzuki and T. Mori, Preparation of High Performance Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Catalyst for Hydrocarbon Combustion from Co-Containing Hydrogarnet, *Catal. Lett.*, 86, 139–144, 2003.
- S. Fujita, K. Suzuki, T. Mori, and Y. Shibasaki, A New Technique to Remove Hydrogen Chloride Gas at High Temperature Using Hydrogarnet, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 42, 1023–1027, 2003.
- T. Sugiyama, T. Mori and S. Suzuki, Optical Characteristics of a Japanese Porcelain Body Prepared from High-Plastic Clay, *British Ceram. Trans.*, 102, 87–91, 2003.
- S. Fujita, M. Ohkawa, K. Suzuki, H. Nakano, T. Mori and H. Masuda, Controlling the Quantity of Radical Oxygen Occluded in a New Aluminum Silicate with Nanopores, *Chem. Mater.*, 15, 4879–4881, 2003.
- H. Sawada, J. Iidzuka, T. Maekawa, R. Takahashi, T. Kawase, K. Oharu, H. Nakagawa and K. Ohira, Solubilization of Fullerene into Water with Fluoroalkyl End-capped Amphiphilic Oligomers–Novel Fluorescence Properties, *J. Colloid Interface Sci.*, 263, 1, 2003.
- H. Sawada, A. Fujisawa and T. Kawase, Synthesis and Gelation of Novel Fluoroalkyl End-capped N-(1, 1-dimethyl-3-oxobutyl)acrylamide Copolymers Containing Triol Segments–Interaction of These Fluorinated Gels with Various Hydrophilic Compounds, *J. Appl. Polym. Sci.*, 88, 3212, 2003.
- 村井由佳・中田恵美・川瀬徳三・西川禎一・南俊幸・京兼純・沢田英夫, アンモニウムセグメントを有するフルオロアルキル基含有N-(1, 1-ジメチル-3-オキソブチル)アクリルアミドコオリゴマーおよびメチルセルロース誘導体の合成と応用–表面抗菌活性剤料および含フッ素高分子ゲルへの展開, *材料技術*, 第21巻, 63頁, 2003.
- H. Sawada, Novel Self-assembled Molecular Aggregates Formed by Fluoroalkyl End-capped Oligomers and Their Application, *J. Fluorine Chem.*, 121, 111, 2003.
- H. Sawada, J. Iidzuka, T. Kawase, K. Oharu and H. Nakagawa, Arrangement of Fullerene above the Poly(methyl methacrylate) Surface with Fluoroalkyl End-capped N-(1, 1-dimethyl-3-oxobutyl)acrylamide Polymers, *Eur. Polym. J.*, 39, 1991, 2003.
- J. Kyokane, K. Shima, H. Sawada, H. Ueda and K. Saito, Electrical Properties of Fluorinated Gel Electrolytes Using High Ionic Conducting Solution and Its Application to Secondary Battery, *Thin Solid Film*, 438–439, 257, 2003.
- M. Nagaki, K. Kimura, J. Kawakami, Y. Maki, S. Ito, N. Morita, T. Nishino and T. Koyama, Substrate Specificities of Medium-Prenylchain Elongating Enzymes, Hexaprenyl- and Heptaprenyl diphosphate Synthases, *J. Mol. Catal. B*, 22, 97–103, 2003.
- Y. Gotoh, Y. Sasaki, M. Tsuchimoto, N. Ohya, T. Koyama, T. Nishino, M. Nagaki and Y. Maki, 4. Substrate Specificity of the Thermostable FPP Synthase from *Bacillus Stearothermophilus*–Substrate Analogs Having Sulfur Atom in Their Prenyl Chain, *J. Mol. Catal. B*, 22, 225–250, 2003.
- Y. Hayashi, S. Kita, B. S. Brunshwig and E. Fujita, Involvement of a Binuclear Species with the Re- $\alpha$ (O)O-Re Moiety in CO<sub>2</sub> Reduction Catalyzed by Tricarbonyl Rhenium(I) Complexes with Diimine Ligands: Strikingly Slow Formation of the Re-Re and Re- $\alpha$ (O)O-Re Species from Re( $\alpha$ (dmb) $\chi$ CO) $\chi$ S (dmb = 4, 4'-dimethyl-2, 2'-bipyridine, S = Solvent) *J. Am. Chem. Soc.*, 125, 11976–11987, 2003.
- E. Fujita, Y. Hayashi, S. Kita and B. S. Brunshwig, Transition-Metal Based Photocatalysis for CO<sub>2</sub> Reduction, *Proceedings of the 7th International Conference on Carbon Dioxide Utilization*, Seoul, Korea, October 12–16, 2003.
- 関 博之・横山将顕・喜多昭一・星野幹雄・鈴木裕行, ベンゾフェノンケチルラジカルによるインジゴカルミンおよびメチルピオローゲンの還元 光化学反応に関する簡便な実験教材の一例, *化学と教育*, 第51巻, 第11号, 682–685頁, 2003.

## 【著書】

吉澤 篤, 液晶紳士随想百選「液晶分子の社会学に魅せられて」, (株)テクノタイムズ, 月刊ディスプレイ, Vol.9, No. 11, 90-94, 2003.

## 【学会発表(ポスター発表を含む)】

竹ヶ原克彦・播磨尚朝, スクッテルド鉍型化合物の電子構造VIII, 日本物理学会第58回年次大会, 東北大学, 2003年3月29日.

竹ヶ原克彦・播磨尚朝・別役潔, LuMCu<sub>4</sub>中の<sup>63</sup>Cu NQRの理論的解析, 日本物理学会2003年秋季大会, 岡山大学, 2003年9月20日.

竹ヶ原克彦・橋本健二・播磨尚朝, Point Charge Model Calculations of Crystal Electric Fields in the Filled Skutterudite Compounds, 充填スクッテルライト構造に創出する新しい量子多電子状態の展開 第1回研究会, 東京都立大学, 2003年11月28日.

竹ヶ原克彦・橋本健二・播磨尚朝, 点電荷模型による充填スクッテルライト化合物の結晶場, スクッテルライト理論勉強会, 関西セミナーハウス, 2003年12月20日.

T. Okazaki, T. Kubota, H. Nakajima, Y. Furuya, S. Kajiwara, T. Kikuchi and M. Wuttig, Texture Observations of Ferromagnetic Shape Memory of Nanostructure Fe-Pd Alloy by Laser and Electronic Microscope, The Fourth International Conference on Intelligent Processing and Manufacturing of Materials, Sendai, Japan, May, 1823, 2003.

T. Okazaki, Y. Furuya, M. Spearing and N. W. Hagood, Non-Destructive Detectability of Phase Transformation and Stress-Damaged State of Ferromagnetic Shape Memory Fe-30.2at%Pd Alloy for Health-Monitoring, The 8<sup>th</sup> IUMRS international Conference on Advanced Materials, October, 813, 2003.

T. Okazaki, Y. uruya, C. Saito, T. Matsuzaki, T. Watanabe and M. Wuttig, Microstructure and Magnetostriction of Rapidly-Solidified Fe-Ga System Alloy, Materials Research Society 's 2003 Fall Meeting, Boston, USA, December 15, 2003.

K. Rikiishi, Y. Hashimoto, H. Matsuda and M. Michigami, Monitoring the Kuroshio in the Tokara Strait and Izu Island Region by Using Submarine cables, The 3rd International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables and Related Technologies, Tokyo, June 25, 2003.

K. Rikiishi, Y. Hashimoto, H. Matsuda and M. Michigami, Monitoring the Kuroshio in the Tokara Strait and Izu Islands Region by Using Submarine Cables, The 23-rd General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Sapporo, July 3, 2003.

野村明子・伊東俊司・森田昇, 2-アズレニルベンゼン誘導体の合成と性質, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月18~21日

近藤真生・伊東俊司・久保貴弘・森田昇・浅尾豊信・藤森邦秀・安並正文, [9-(アズレノ[1,2-b]チエニル)]メチルカチオンの合成, 安定性と結合状態, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月18~21日

伊東俊司・寺園友美・奥島鉄雄・横山隆二・森田昇, ピリジニウム塩とアズレンとの反応, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月18~21日

森田昇・伊東俊司・久保貴弘・寺園友美・松井淑孝・渡辺俊之・太田哲・藤森邦秀・村藤俊宏・杉原美一, ヨードアズレン類のハロゲン-メタル交換反応によるアズレニルリチウムおよびマグネシウム試薬の生成, 第33回構造有機化学討論会, 富山大学工学部, 2003年10月3~4日

寺園友美・奥島鉄雄・安東真理子・伊東俊司・森田昇, アズレニルポロナートの効率的合成と宮浦-鈴木カップリング反応を利用した多アズレン置換化合物の生成, 第33回構造有機化学討論会, 富山大学工学部, 2003年10月3~4日

小林孝輝・糠塚いそし・宮下文秀・大関邦夫, テフロンチューブを用いるインチューブ固相マイクロ抽出-電熱原子吸光法, 第64回分析化学討論会, 高知大学, 2003年5月24日.

大黒谷亜希・糠塚いそし・大関邦夫, ホルムアルデヒドのフローインジェクション分析, 第64回分析化学討論会, 高知大学, 2003年5月24日.

- 本間沙智子・糠塚いそし・大関邦夫, ジエチルジチオカルバミン酸錯体としてのヒ素の固相抽出と間接吸光光度定量, 分析化学会第52年会, 東北大学, 2003年9月23日.
- 和久井剛・糠塚いそし・大関邦夫, 無機スズの固相抽出 / 黒鉛炉原子吸光法による定量, 分析化学会第52年会, 東北大学, 2003年9月24日.
- 大黒谷亜希・糠塚いそし・大関邦夫, ホルムアルデヒドのフローインジェクション分析と吸着剤への評価への応用, 分析化学会第52年会, 東北大学, 2003年9月25日.
- 清藤裕幸・堀口亮・糠塚いそし・大関邦夫, 塩化物を含む試料中のタリウムの固相抽出 - 樹脂懸濁液直接導入電熱原子吸光法, 分析化学会第52年会, 東北大学, 2003年9月26日.
- 川上 淳・R. T. Bronson・G. Xue・J. S. Bradshaw・R. M. Izatt・P. B. Savage・新山拓也・木村公昭, キノリン及びナフタレン誘導体による亜鉛用蛍光性化学センサー, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月20日.
- J. Kawakami, R. T. Bronson, G. Xue, J. S. Bradshaw, P. B. Savage, R. M. Izatt, T. Niiyama, K. Kimura, K. Obata and R. Miyamoto, Fluorescent chemosensors for Zinc Ion by Quinoline and Naphthalene Derivatives, The XX1st International Conference on Photochemistry, Nara-ken New Public Hall, Jul. 27, 2003.
- 山内庸弘・川上 淳, 8-ヒドロキシキノリン誘導体の蛍光による金属イオン認識 ~ その1, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大学, 2003年10月11日.
- 太田雅規・川上 淳, 8-ヒドロキシキノリン誘導体の蛍光による金属イオン認識 ~ その2, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大学, 2003年10月11日.
- 木村公昭・川上 淳, ピリジン-キノリンポダンドの蛍光による金属イオン認識, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大学, 2003年10月11日.
- 磯部 徹・川上 淳, 蛍光性 dendrimer の合成と性質, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大学, 2003年10月11日.
- 高橋修子・川上 淳, 分子内にピリジン, キノリン環をもつ蛍光性化学センサーの合成, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大学, 2003年10月11日.
- 猪股宏誌・黒田之寛・水口貴文・山口貴弘・川上 淳, 蛍光センサーとなるナフタレン及びキノリン誘導体の合成, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大学, 2003年10月11日.
- 蒔苗博充・鈴木裕史, 球状Au微粒子分散ポリマーの異常光吸収, 第50回応用物理学関係連講演会 (2003) 春期
- Y. Suzuki, T. Miyanaga, K. Kita, T. Uruga and I. Watanabe, Local Structure of Ag Nano-Clusters Deposited on Silicon Wafer by Total Conversion Electron Yield XAFS, XAFS 12 (2003) Malmo, Sweden, Jun. 2227, 2003.
- Y. Suzuki, T. Miyanaga, H. Hoshino, N. Matsumoto and T. Ainai, In-Situ XAFS Study of Ag Clusters in Zeolite 4A, XAFS 12 (2003) Malmo, Sweden, Jun. 2227, 2003.
- 鈴木裕史・鷲見陽介・喜多孝次・宮永崇史・鷲坂恵介, 蒸着銀薄膜における局所構造と局在場, 第2回日本金属学会東北支部大会 (2003) 秋期
- 小豆畑敬・武貞正樹・八木駿郎・鹿内周・秩父重英・鳥井康介・中村厚・宗田孝之・G.Cantwell, D.B.Eason・C.W.Litton, ZnOにおけるブリルアン散乱, 2003年秋季第64回応用物理学学会学術講演会, 福岡大学, 2003年8月31日.
- 伊藤充・小豆畑敬・武貞正樹・八木駿郎・鹿内周・秩父重英・鳥井康介・中村厚・宗田孝之・G.Cantwell・D.B.Eason・C.W.Litton, ブリルアン散乱によるZnOの弾性定数および光弾性定数, 第2回日本金属学会東北支部大会, 弘前大学理工学部, 2003年11月15日.
- 中澤日出樹・山形佑亮・真下正夫, レーザアブレーション法によるDLCの膜構造特性への基板加熱効果, 第64回応用物理学学会学術連合講演会, 福岡大学七隈キャンパス, 2003年9月1日.
- 中澤日出樹・山形佑亮・真下正夫, レーザアブレーション法により作製したダイヤモンドライクカーボン (DLC) の構造に対する熱的効果, 第23回表面科学講演大会, 早稲田大学国際会議場, 2003年11月28日.
- 須藤新一・花田晋也, 漆とヒドロキシプロピルセルロースとの複合物の調製, 繊維学会秋季研究発表会, 東北大学, 2003年9月30日

- S. Suto and S. Hanada, Preparation for Composite Films of Urushi and Hydroxypropyl Cellulose, IUMRS-ICAM2003, Yokohama, 2003年10月11日
- 鳴海 剛・出羽晴匡・丹代陽子・吉澤 篤, 非対称二量体液晶の分子配列挙動, 日本液晶学会討論会, 青森市文化会館, 2003年10月15日.
- 出羽晴匡・小濱芳允・山本和幸・西山伊佐・山本 潤・横山 浩・吉澤 篤, 非対称二量体液晶におけるフラストレート相, 日本液晶学会討論会, 青森市文化会館, 2003年10月15日.
- 山口章久・西山伊佐・山本 潤・横山 浩・吉澤 篤, 新規 型液晶におけるincommensurate SmA相の発現, 日本液晶学会討論会, 青森市文化会館, 2003年10月15日.
- 吉澤 篤・小濱芳允・出羽晴匡・西山伊佐・山本 潤・横山 浩, スメクチック相における自発的パターン形成, 日本液晶学会討論会, 青森市文化会館, 2003年10月15日.
- 六戸樹理・山口章久・西山伊佐・山本 潤・横山 浩・吉澤 篤, 軸性キラリティーが液晶相に及ぼす効果, 日本液晶学会討論会, 青森市文化会館, 2003年10月17日.
- 六戸樹理・山口章久・西山伊佐・山本 潤・横山 浩・吉澤 篤, 二量体液晶におけるキラリティーの効果, 第7回日本化学会液晶化学研究会シンポジウム, 山梨大学甲府キャンパス, 2003年7月1日
- 小笠原史高・吉澤 篤, 含フッ素液晶性化合物の結晶構造解析, 日本液晶学会討論会, 青森市文化会館, 2003年10月16日.
- 山口章久・西山伊佐・山本 潤・横山 浩・吉澤 篤, 新規 型液晶の分子構造と相転移挙動, 日本液晶学会討論会, 青森市文化会館, 2003年10月15日.
- 庄司邦彰・阿部敏之, オスミウムポリピリジン錯体高分子膜の酸素還元触媒機能, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月18日.
- 阿部敏之・長坂敏希, 鉄-シアノルテネート高分子錯体の水素酸化触媒機能, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月19日.
- 庄司邦彰・阿部敏之, 高分子膜中に凝集化したオスミウムポリピリジン酸素還元触媒機能, 第53回錯体化学討論会, 山形大学, 2003年9月24日.
- 庄司邦彰・田尻明男・阿部敏之, オスミウムポリピリジン錯体凝集体の電気触媒化学的酸素還元特性, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大学, 2003年10月11日.
- M. Sagisaka, S. Yoda, Y. Takebayashi, K. Otake, Y. Kondo, N. Yoshino, H. Sakai and M. Abe, Formation and Interfacial Properties of Water-in-Supercritical CO<sub>2</sub> Microemulsions with Fluorinated Surfactant, First International Symposium on Process Intensification and Miniaturisation, University of Newcastle upon Tyne, Newcastle ( UK ), Aug. 18-21, 2003.
- M. Sagisaka, K. Otake, S. Yoda, Y. Takebayashi, T. Sugeta, A. Nakazawa, Y. Kondo, N. Yoshino, H. Sakai and M. Abe, Development of Fluorinated Surfactant for Water-in-Supercritical CO<sub>2</sub> Microemulsion, 6th International Symposium on SUPERCRITICAL FLUIDS, the Palais des Congrès of Versailles, Versailles ( France ), Apl. 28-30, 2003.
- 藤井辰徳・尾崎義信・鷺坂将伸・酒井秀樹・阿部正彦・竹林良浩・依田智・菅田孟・中澤宣明・大竹勝人, Pendant drop法による水-超臨界二酸化炭素( W/scCO<sub>2</sub> )系の界面物性評価, 化学工学会第68年会, 東京大学, 2003年3月23-25日.
- 中澤知男・石原万里子・神宮寺守・須藤進・工藤光隆・東美和子・山口裕之・宮武滝太・杉原美一・甲千寿子, フラン, ベンゼン及びオキセピン縮環トロポンのX線構造解析と双極子モーメント, 第33回構造有機化学討論会, 富山大学, 平成15年10月
- 須藤 進・宮永崇史・宮本 量, XAFSによるGd-Ni複核錯体の局所構造解析, 第6回XAFS討論会, 千葉大学, 平成15年9月
- 佐藤岳彦・喜多昭一・須藤 進, 1, 4-ナフトキノン類の双極子モーメント( I I ) 2003年日本化学会西日本大会, 広島大学, 平成15年10月
- 木村元信・喜多昭一・須藤 進, アントラキノン類の酸解離定数と分子構造の研究, 2003年日本化学会西日本大会, 広島大学, 平成15年10月
- 工藤光隆・中澤知男・神宮寺守・甲千寿子・須藤進, トロポン類の双極子モーメント( I I ) 2003年日本化学会西日本大会, 広島大学, 平成15年10月

- T. Mori, K. Kikuchi and J. Iritani, Low Optimum Loading of  $Ga_2O_3$  over High Purity Alumina Support for Selective Catalytic Reduction of NO with  $C_3H_6$  in the Presence of Excess Oxygen, EUROACAT VI, Innsbruck, Austria, Sep. 1-4, 2003.
- S. Fujita, M. Ohkawa, K. Suzuki, T. Mori and H. Masuda, A New Aluminum Silicate Phase,  $Ca_{12}Al_{10}Si_4O_{35}$ , with Occluding Radical Oxygen in Nano Space, Pac. Rim. 5, Nagoya, Japan, Sep. 29-Oct. 2, 2003.
- S. Fujita, M. Ohkawa, K. Suzuki, T. Mori and H. Masuda, A New Phase Zeolite-like Structure,  $Ca_{12}Al_{10}Si_4O_{35}$ , with High Activity to Combustion of Hydrocarbons at Low Temperature, Pac. Rim. 5, Nagoya, Japan, Sep. 29-Oct. 2, 2003.
- K. Suzuki, S. Fujita and T. Mori, Reproduction of a New High Temperature HCl Sorbent, Sodalite ( $Na_8Al_6Si_6O_{24}Cl_2$ ) and Chlorinate Mayenite ( $Ca_{12}Al_{10}Si_4O_{32}Cl_6$ ) ~ The Removal of Cl Ion Occluded in Nano Space of Zeolite Structure ~, IUMRS-ICAM 2003, Yokohama, Japan, Oct. 8-13, 2003.
- 沢田英夫・飯塚淳一・川瀬徳三・大春一也・中川秀樹, 含フッ素オリゴマー存在下におけるポリメチルメタクリレートの表面改質, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月19日.
- 沢田英夫・飯塚淳一・川瀬徳三・大春一也・中川秀樹, フルオロアルキル基含有オリゴマー類によるカーボンナノチューブの水および有機溶媒への可溶化, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月19日.
- 沢田英夫・藤沢明子・村井由佳・川瀬徳三・藤森 憲, フルオロアルキル基含有N-(1, 1-ジメチル-3-オキソブチル)アクリルアミドオリゴマーが形成する分子集合体とフルオレセインとの相互作用, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月19日.
- 沢田英夫・油谷 梓・川瀬徳三・興津 勲・笹沢一雄, フルオロアルキル基含有N-(1, 1-ジメチル-3-オキソブチル)アクリルアミドオリゴマーによるフタロシアニン類のメタノールへの可溶化, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月20日.
- 沢田英夫・吉岡宏晃・川瀬徳三・高橋秀剛・阿部明美, フルオロアルキル基含有オリゴマー類とテトラエトキシシラン類による種々の含フッ素オリゴマー/シリカゲルポリマーハイブリッドの合成, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月19日.
- 沢田英夫・堀内仁美・川瀬徳三・金田勇, ポリシロキサンセグメントを有する両親媒性フルオロアルキル基含有コオリゴマー類合成とシリコンオイルへの可溶化, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月20日.
- 沢田英夫・蔵地淳・西 甫・山本康彰・川瀬徳三, スルホ基を有するフルオロアルキル基含有オリゴマー/シリカゲルポリマーハイブリッドの合成と応用, 日本化学会第83春季年会, 早稲田大学, 2003年3月20日.
- 沢田英夫・藤沢明子・川瀬徳三・藤森 憲, フルオロアルキル基含有N-(1, 1-ジメチル-3-オキソブチル)アクリルアミドオリゴマーが形成する分子集合体とフルオレセインとの相互作用, 第52回高分子学会年次大会, 名古屋国際会議場, 2003年5月29日.
- 沢田英夫・飯塚淳一・川瀬徳三・大春一也・中川秀樹, フルオロアルキル基含有オリゴマー類によるカーボンナノチューブの水および有機溶媒への可溶化, 第52回高分子学会年次大会, 名古屋国際会議場, 2003年5月30日.
- 大谷幸広・坂井紀夫・沢田英夫, 高分子材料表面へのフルオロアルキル基含有アクリル酸ホモオリゴマーによる撥油性および親水性の付与, 第52回高分子学会年次大会, 名古屋国際会議場, 2003年5月30日.
- 沢田英夫・吉岡宏晃・川瀬徳三・高橋秀剛・阿部明美, フルオロアルキル 基含有オリゴマー/シリカゲルポリマーハイブリッドの合成と応用, 第49回高分子研究発表会(神戸) 兵庫県民会館, 2003年7月10日.
- H. Sawada, A. Fujisawa and T. Kawase, Interaction of Fluoroalkyl End-Capped N-(1, 1-dimethyl-3-oxobutyl)acrylamide Homologomer and Cooligomers with Fluorescein, 6<sup>th</sup> International Conference on Materials Chemistry, MC6: Frontiers and Interfaces, University of Sheffield, UK, P5(2003)

- H. Sawada, J. Iizuka, T. Kawase, K. Oharu, and H. Nakagawa, Solubilization of Fullerene into Water and Organic Media with a Variety of Fluoroalkyl End-capped Oligomers, 6<sup>th</sup> International Conference on Materials Chemistry, MC6: Frontiers and Interfaces, University of Sheffield, UK, CF2 (2003)
- H. Sawada, J. Iizuka, T. Kawase, K. Oharu, and H. Nakagawa, Solubilization of Carbon Nanotube into Water and Organic Media with a Variety of Fluoroalkyl End-capped Oligomers, 17<sup>th</sup> European Colloid and Interface Society Conference Firenze, p370 (2003)
- H. Sawada, H. Yoshioka, T. Kawase, H. Takahashi, and A. Abe, Synthesis of Fluorinated Oligomers/Silica Gel Polymer Hybrids by The Reactions of Fluoroalkyl End-capped Oligomers with Tetraethoxysilane, 17<sup>th</sup> European Colloid and Interface Society Conference Firenze, p333 (2003)
- 沢田英夫, フッ素の凝集効果が活かされた新しいフッ素系分子集合体の構築とその応用, 平成15年度化学系9学協会連合東北地方大会講演予稿集, 福島県立医大, 2003年10月12日(依頼講演)
- H. Sawada, Synthesis and Applications of Novel Fluorinated Polymeric Surfactant Imparted by the Aggregation of Fluorine, Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research 特別講演 (Golm, Germany) August (2003) (依頼講演)
- H. Sawada, Fluorinated Aggregates, Institute for Thin Film Technology and Microsensorics e. V. 特別講演 (Teltow, Germany) August (2003) (依頼講演)
- H. Sawada, Synthesis and Applications of Novel Fluorinated Functional Polymers Imparted by the Aggregation of Fluorine, Laboratory of Macromolecular Chemistry, Ecole Nat. Sup. Chimie de Montpellier 特別講演 (Montpellier Cedex, France) September (2003) (依頼講演)
- 沢田英夫, フッ素系分子集合体によるフラーレン, カーボンナノチューブの水および有機溶媒への可溶化とその応用, 高分子コロキウム: 高分子とナノテクノロジー, 弘前大学理工学部, 2003年10月(依頼講演)
- 新堂 薫・飯塚淳一・大春一也・中川秀樹・沢田英夫, フルオロアルキル基含有オリゴマー類によるカーボンナノチューブの水および有機溶媒への可溶化, 2003年度材料技術研究協会討論会, 東京理科大学(野田) 2003年12月4~6日.
- 山田優子・藤沢明子・沢田英夫, フルオロアルキル基含有N-(1, 1-ジメチル-3-オキソブチル)アクリルアミドオリゴマーが形成する分子集合体とフルオレインとの相互作用, 2003年度材料技術研究協会討論会, 東京理科大学(野田) 2003年12月4~6日.
- 古泉雅史・柳田堅太・沢田英夫, フルオロアルキル基含有N-(1, 1-ジメチル-3-オキソブチル)アクリルアミドオリゴマーが形成する分子集合体と低分子抗菌剤との相互作用, 2003年度材料技術研究協会討論会, 東京理科大学(野田) 2003年12月4~6日.
- 佐々木歩・堀内仁美・沢田英夫, ポリオキシエチレンおよびポリシロキサンセグメントを有するフルオロアルキル基含有コオリゴマー類の合成と応用, 2003年度材料技術研究協会討論会, 東京理科大学(野田) 2003年12月4~6日.
- 沢田英夫・新堂 薫・飯塚淳一・川瀬徳三・大春一也・中川秀樹, フルオロアルキル基含有オリゴマー類が形成する分子集合体とカーボンナノチューブとの相互作用, 第12回ポリマー材料ホーラム, 千里ライフサイエンスセンター, 2003年11月27日.
- 吉岡宏晃・川瀬徳三・沢田英夫, フルオロアルキル基含有オリゴマー/シリカゲルポリマーハイブリッドの合成, 第27回フッ素化学討論会, メルパルク長野, 2003年11月20日.
- 沢田英夫・島 一也・京兼 純・大春一也・中川秀樹・北爪智哉, イオン性液体存在下でのフルオロアルキル基含有2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸オリゴマーのゲル化とイオン伝導性, 第27回フッ素化学討論会, メルパルク長野, 2003年11月20日.
- 長岐正彦・宮田和彦・高橋修子・楨雄二・西野徳三・古山種俊, プレニル基転移酵素を利用した昆虫フェロモン合成について, 第2回多元物質科学研究所研究発表会, 東北大学, 2003年1月
- 長岐正彦・仲田美乃里・楨 雄二・西野徳三・古山種俊, 4-methyl-4-pentenyl diphosphateに関するプレニル基転移酵素の反応性について, 日本化学会第83回春季年会, 早稲田大学, 2003年3月

長岐正彦・中原博史・榎 雄二・西野徳三・古山種俊, ファルネシルニリン酸(FPP)合成酵素の基質特異性について(その2)~環状基質ホモログの反応性~, 日本化学会第83回春季年会, 早稲田大学, 2003年3月

M. Nagaki, Y. Miki, M. Nakada, Y. Maki, T. Nishino and T. Koyama, Substrate Specificity of Several Prenylchain Elongating Enzymes with respect to 4-Methyl-4-Pentenyl Diphosphate, 6<sup>th</sup> International Symposium on Biocatalysis and Biotransformations BioTrans 2003, Olomouc, Czech Republic, June 28<sup>th</sup>-July 3<sup>th</sup> 2003.

Y. Miki, M. Satoh, M. Takekawa, N. Ohoya, M. Nagaki and T. Koyama, Syntheses and Enzymatic Evaluation of Substrate Analog of Medium-Chain Prenyl Diphosphate Synthase, 6<sup>th</sup> International Symposium on Biocatalysis and Biotransformations BioTrans 2003, Olomouc, Czech Republic, June 28<sup>th</sup>-July 3<sup>th</sup> 2003.

宮田和彦・桑原一博・榎 雄二・西野徳三・古山 種俊・長岐正彦, epoxy prenyl alcohol類の昆虫フェロモン様活性について, 理化学研究所(横浜)2003年9月4日

長岐正彦・仲田美乃里・田中秀典・榎 雄二・古山種俊・西野徳三, 野生型および変異型ファルネシルニリン酸合成酵素を用いた人工基質の酵素反応~オメガ位に親水性基を持つアリル性基質ホモログの反応性~, 第45回天然有機化合物討論会, 京都会館第2ホール, 2003年10月6日

山内殖生・近藤弘章・榎雄二・古山種俊・西野徳三・長岐正彦, ファルネシルニリン酸合成酵素(FPS)の人工基質~環状化合物の基質ホモログ反応性~, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大, 2003年10月15日~18日

仲田 美乃里・田中 秀典・榎 雄二・古山種俊・西野徳三・長岐正彦, ファルネシルニリン酸合成酵素の基質特異性~位に極性基を持つアリル性基質の反応性について~, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大, 2003年10月15日~18日

田中秀典・仲田美乃里・榎 雄二・古山種俊・西野徳三・長岐正彦, ファルネシルニリン酸合成酵素(FPS)の基質特異性について~3-methylpent-2-en-4-ynyl diphosphateの反応性~, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大, 2003年10月15日~18日

近藤弘章・山内殖生・榎 雄二・古山種俊・西野徳三・長岐正彦  
ファルネシルニリン酸合成酵素の反応機構(2)~メチルゲラニルニリン酸の反応性について~, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大, 2003年10月15日~18日

高橋宏和・中村真也・佐藤圭吾・石田圭子・大谷典正・榎 雄二・長岐正彦・古山種俊, ウンデカプレニルニリン酸合成酵素の基質特異性~基質アナログを用いての検討~, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大, 2003年10月15日~18日

佐竹政範・佐藤幹也・草苺美穂・寺崎英之・大谷典正・榎 雄二・長岐正彦・古山 種俊  
ヘプタプレニルニリン酸合成酵素の基質特異性(4)~基質アナログを用いての検討~, 化学系9学協会連合東北地方大会, 福島県立医科大, 2003年10月15日~18日

M. Nagaki, H. Kondo, S. Yamauchi, Y. Maki, T. Nishino, T. Koyama Substrate Specificity of Farnesyl Diphosphate Synthase of *Bacillus Stearothermophilus* or Porcine Liver with respect to Some Artificial Substrate Homologs, The 76<sup>th</sup> Annual Meeting of the Japanese Biochemical Society, パシフィコ横浜, 2003年10月17日

長岐正彦・田中 秀典・榎 雄二・古山種俊・西野徳三, ファルネシルニリン酸合成酵素の人工基質~オメガ位に極性基を持つアリル性基質ホモログ~, 第42回日本薬学会東北支部大会, 東北薬科大学, 2003年10月19日

長岐正彦・近藤 弘章・榎 雄二・古山 種俊・西野 徳三, ファルネシルニリン酸合成酵素の反応機構解明の試み(2) 第42回日本薬学会東北支部大会, 東北薬科大学, 2003年10月19日

長岐正彦・仲田美乃里・桑原一博・三木庸平・榎 雄二・古山種俊・西野徳三, プレニルトランスフェラーゼの人工基質, 4-methyl-4-pentenyl diphosphateの反応性について, 第47回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会, 明治大学・駿河台リパティエーター・タワー, 2003年11月8~10日

- 高橋宏和・中村真也・大谷典正・佐藤幹也・長岐正彦・古山種俊・榎 雄二, ウンデカプレニルニリン酸合成酵素の基質特異性～基質アナログを用いての検討～, 第47回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会, 明治大学・駿河台リパティール・タワー, 2003年11月8～10日
- 長岐正彦・仲田美乃里・榎 雄二・西野徳三・古山種俊, FPP合成酵素を利用した生理活性物質“昆虫フェロモン類の合成, 第7回生体触媒化学シンポジウム, 北海道大学, 2003年12月
- E. Fujita, Y. Hayashi, S. Kita and B. S. Brunshwig, Photocatalytic CO<sub>2</sub> Reduction with Rhenium( I ) Diimine Complexes, 21<sup>st</sup> ICP Satellite Symposium on Photochemistry and Photobiology of Complexes Including Supramolecular Systems and Coordination Compounds, Kusatsu, Japan, August 1-3, 2003.
- 山内智架子, 喜多昭一, ヘテロ複核金属錯体におけるエネルギー移動の構造依存性, 第53回錯体化学討論会, 山形, 2003年9月24-26日.
- 宮本 量, 川上 淳, 木村公昭, 小幡和弘, キノリン環を持った亜鉛( II )・カドミウム( II )用蛍光性化学センサーの発光メカニズムに関する分子軌道法による研究, 第53回錯体化学討論会, 山形大学理学部, 2003年9月24日.
- R. Miyamoto, EPR Studies on the Structure of Gd( III ) Complex in Solution, The 9th Sendai Symposium on Advanced EPR, Sendai, 2003年3月.
- 宮本量・佐藤寛之, Gd( III )-クリプタンド錯体と窒素ドナー配位子との相互作用, 第20回希土類討論会, 東京, 2003年5月.
- R. Miyamoto, Structure of Some Gd( III ) Complexes in Solution Studied by EPR, 39th IUPAC Congress & 86th Conference of CSC, Ottawa ( Canada ), 2003年8月.
- 山田公一・安立京一・宮本量・川田知・海崎純男, フレキシブルなヒンジ様配位子で連結された集積型金属錯体の構造と性質, 第53回 錯体化学討論会, 山形, 2003年9月.
- 宮本量, 一般化二次元相関法を利用した無秩序配向 EPR スペクトル解析の試み, 第42回 電子スピンサイエンス学会年会, 東広島, 2003年10月.

#### 【主催した学会および研究集会（特別セッションのコンピーナを含む）】

- 第2回金属学会東北支部研究発表会・弘前学術セミナー, 金属学会東北支部( 古屋泰文, 佐藤裕之, 岡崎禎子 ) 弘前大学理工学部, 2003年11月.
- 第5回液晶化学研究会セミナー「液晶の不思議な物性」, 日本化学会液晶化学研究会( 吉澤 篤 ) 弘前大学地域共同研究センター, 2003年3月7日.

#### 【特許】

- 吉澤 篤・小笠原史高, U字型化合物およびこれを含む液晶組成物, 特願2003-336862.
- 西浜脩二・沢田英夫, フルオロカーボンシランカップリング剤を用いた疎水化処理粉末及びこれを配合した皮膚外用剤, 特願2003-285820, 2003年8月4日出願.
- 高橋秀剛・沢田英夫, ゴムの表面処理方法, ゴム製品の製造方法, ゴム組成物, ゴム成型品およびその表面処理組成物およびゴムの表面処理方法, 特願2003-148582, 2003年5月27日出願.
- 沢田英夫・中川秀樹・田中延生, フラーレン含有液状組成物およびフルラーレン含有フィルム, 特願2003-054596, 2003年2月26日出願.
- 沢田英夫・中川秀樹・田中延生, カーボンナノチューブの液状化剤, カーボンナノチューブ組成物, カーボンナノチューブ含有液状組成物およびカーボンナノチューブ含有フィルム, 特願2003-054595, 2003年2月28日出願.
- 沢田英夫・中川秀樹, 界面活性剤, 特願2003-074989, 2003年3月19日出願.

#### 【その他（受賞, 研究成果報告書, 一般特別講演等）】

- 山口章久・西山伊佐・山本 潤・横山 浩・吉澤 篤, 日本液晶学会虹彩賞( ポスター賞 )受賞, 「新規型液晶の分子構造と相転移挙動」, 2003年10月15日.

- 新堂 薫, 飯塚淳一, 大春一也, 中川秀樹, 沢田英夫, 2003材料技術研究協会討論会ポスター賞・ゴールド賞受賞, 「フルオロアルキル基含有オリゴマー類によるカーボンナノチューブの水および有機溶媒への可溶化」, 平成15年12月.
- 山田優子, 藤沢明子, 沢田英夫, 2003材料技術研究協会討論会ポスター賞・ゴールド賞受賞, 「フルオロアルキル基含有N-(1, 1-ジメチル-3-オキソブチル)アクリルアミドオリゴマーが形成する分子集合体とフルオレセインとの相互作用」, 平成15年12月.
- T. Okazaki, Y. Furuya, C. Saito and M. Wuttig, New Development of Rapid-Solidified Fe-Ga Sensor/actuator Alloy, Fifth International Conference on Intelligent Materials, State College, USA, June, 1417, 2003.
- 伊東俊司, アズレン環の特性を活かした有機機能性物質の創出, 構造有機化学シンポジウム, 京都大学化学研究所, 2003年12月1~2日.
- 糠塚いそし, 痕跡金属イオンのインチューブ固相マイクロ抽出/電熱原子吸光法, 第2回環境と分析化学のセミナー, 東北大学川北合同研究棟, 2003年12月19日.
- 吉澤 篤, フラストレーションによって生じる液晶相, 筑波大学数理物質科学研究科, 2003年3月11日.
- 吉澤 篤, フラストレーションに誘起されたスメクチック相の新しい秩序, 科学技術振興事業団横山液晶微界面プロジェクト講演会, 2003年3月13日.
- A. Yoshizawa, Molecular Organization via Core-Core Interactions in Smectic Liquid Crystals, 2003 Gordon Research Conference on Liquid Crystals, New London, New Hampshire, USA, Jun. 17, 2003.
- A. Yoshizawa, Molecular Organization by Head to Tail Recognition for Polar Liquid Crystals, The International Symposium on Optical Science and Technology SPIE's 48th Annual Meeting, San Diego, USA, Aug. 5, 2003.
- A. Yoshizawa, Frustrated Phases Organized by Novel Dimeric Liquid Crystals, The 7th Korea-Japan International Symposium on Advanced Display Materials and Devices, Daegu, Korea, Oct. 1, 2003.
- 力石國男・荒木喬・石田祐宣・道上宗巳・蓬田安弘・稲垣一穂, 青森県の冬季気象及び風力エネルギーポテンシャルの観測研究, 地域先導研究「積雪寒冷地における自然エネルギー利用技術の開発研究」平成14年度研究成果報告書, 28 - 36, 2003.
- 力石國男・荒木喬・石田祐宣・道上宗巳, 青森県の冬季気象及び風力エネルギーポテンシャルの観測研究, 地域先導研究「積雪寒冷地における自然エネルギー利用技術の開発研究」平成12~14年度研究成果報告書, 36 - 52, 2003.
- 力石國男・橋本良夫・道上宗巳, 対馬海峡・トカラ海峡・伊豆諸島海域における電位差変動特性の比較, 文科省科研費補助金特定領域研究「縁辺海の家況予報のための海洋環境モニタリング」中間報告書(IV) 63-66, 2003.
- 力石國男・橋本良夫・道上宗巳, 対馬海峡・トカラ海峡・伊豆諸島海域における電位差変動特性の比較, 文科省科研費補助金特定領域研究「縁辺海の家況予報のための海洋環境モニタリング」中間報告書(IV) 67-69, 2003.
- 川上 淳, 公益信託西田記念基礎有機化学研究助成基金事業報告書 研究実施概況報告書, pp.294-296 (2003)
- Y. Suzuki, T. Miyanaga, K. Kita, S. Matsuda, T. Uruga, I. Watanabe, Determination of Local Structure for Ag Clusters on Si by Polarized Total Conversion Electron Yield XAFS, SPring-8 User Experiment Report, No.10, 9, 2003.
- Y. Suzuki, T. Miyanaga, H. Umetsu, K. Sato, S. Ohwada, Local Structure of Pt, Au, and Ag Clusters Dispersed on Polymer, SPring-8 User Experiment Report, No.11, 9, 2003.
- 阿部敏之, 長井圭治, 乗松孝好, レーザー核融合ターゲット用有機材料の電子物性, 大阪大学レーザー核融合研究センター 平成14年度 共同研究成果報告書, 157-158, 2003.

## 地球環境学科

## 【学術論文 (Proceedings等を含む)】

- 南條宏肇・葛西真寿, 熱交換井による地熱利用貯留型融雪システム, 雪氷学会誌「雪氷」65巻6号(2003年11月) pp523-531.
- 南條宏肇・葛西真寿, 地熱利用貯留型融雪システムによる融雪実験, 雪氷学会「東北の雪と生活」18号(2003年5月)
- M. Hareyama, M. Fujii, V. I. Galkin, Y. Goto, M. Ichimura, E. Kamioka, T. Kobayashi, V. Kopenkin, S. Kuramata, A. K. Managadze, H. Matsutani, N. P. Misnikova, R. A. Mukhamedshin, H. Nanjo, S. N. Nazarov, D. S. Oshuev, P. A. Publichenko, I. V. Rakobolskaya, T. M. Roganova, G. P. Sazhina, Yu. N. Shabanova, H. Semba, T. Shibat, H. Sugimoto, L. G. Sveshnikova, K. Takahashi, I. V. Yashin, K. Yokoi, E. A. Zamchalova, G. T. Zatsepin, I. S. Zayarnaya and RUNJOB Collaboration (RUSSIA-NIPPON JOINT BALLOON COLLABORATION) "Energy determination of the cascade shower by means of a new type of emulsion chamber with diffuser module"; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Volume 512, Issue 3, 21 October 2003, Pages 553-571
- H. Asada, T. Hamana, M. Kasai, Images for an isothermal ellipsoidal gravitational lens from a single real algebraic equation, *Astron. Astrophys.*, 397巻, 825頁-829頁, 2003年,
- H. Asada, M. Kasai, T. Yamamoto, Separability of rotational effects on a gravitational lens, *Phys. Rev. D*, 63巻, 064038-1頁-064038-21頁, 2003年,
- H. Asada, A Parametric Representation of Critical Curves and Caustics for a Binary Gravitational Lens, *Prog. Theor. Phys.* 110巻, 425頁-432頁, 2003年,
- 荒木喬・荒明慎久・力石國男・長瀬智行, 磁気センサーとGPSによる海流測定システム, 電気学会論文誌E, 123-E(10), 450-451, 2003.
- 鶴見實, 白神山地と酸性雨, (2003年) 全国地下水利用対策団体連合会季刊紙「天の水地の水」, No. 144春号, 1 - 15.
- Y.-M. Kodama, A positive feedback process for maintaining the precipitation of the SACZ, 7th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, American Meteorological Society, 193-194, 2003.
- 菅原雅・氏家良博, 現生シダ植物胞子の加熱実験と石油生成過程の推定, 地球科学, 5巻, 1・2号, 23 - 30頁, 2003,
- Ujiie, Y., Arata, Y. and Sugawara, M., Heating experiments on Pinus pollen grains and its relation to petroleum genesis, *Geochemical Journal*, vol.37, No.3, 367-346, 2003.
- 氏家良博・西浦邦子・平悦子, 津軽堆積盆地に分布する中新統泥質岩の有機地質学的研究, 堆積学研究, 56号, 5 - 16頁, 2003,
- 氏家良博・安藤美代子, 被子植物, エゴノキの花粉の加熱実験, *Researches in Organic Geochemistry*, 18巻, 23-27頁, 2003.
- 佐藤魂夫・今西和俊・加藤尚之・鷲谷威, 青森県東方沖の地震空白域内に発生した地震(2001年8月14日, Mw6.2)の破壊過程と地殻変動, *東北地域災害科学研究*, 39巻, 13 - 19, 2003.
- 佐藤魂夫・今西和俊・加藤尚之・鷲谷威, 1968年十勝沖地震の北側アスペリティ近傍に発生した地震(2001年8月14日, Mw6.4)の余効すべり, *地震研究所彙報*, 78巻, 227 - 243, 2003.
- Sushil K. and T. Sato, Compressional and shear wave velocities in the crust beneath the Garhwal Himalaya, North India, *Himalayan Geology*, 24, 77-85, 2003.
- Ohkushi, K., Itaki, T. and Nemoto, N., Last Glacial-Holocene change in intermediate-water ventilation in the Northwestern Pacific, *Quaternary Science Reviews*, 22, 1477-1484, 2003.

- Horiuchi, K., K. Kobayashi, H. Sakai, S. Nomura, H. Matsuzaki, A. Tanaka, and Y. Shibata, Exploratory studies of dating the Baikal Drilling Project sediment core (BDP-96) using cosmogenic  $^{10}\text{Be}$ : observation and implication of higher  $^{10}\text{Be}$  concentrations in sediments older than 2.7 Ma., in: (K. Kashiwaya ed.) Long Continental Records from Lake Baikal, Springer-Verlag, pp. 245-256, 2003.
- Horiuchi, K. H. Matsuzaki, K. Kobayashi, E. L. Goldberg, and Y. Shibata,  $^{10}\text{Be}$  record and magnetostratigraphy of a Miocene section from Lake Baikal: Re-examination of the age model and its implication for climatic changes in continental Asia. Geophysical Research Letters, 30(12), 1602-1605, 2003.
- 堀内一穂・松崎浩之・E.L. Goldberg・小林紘一・柴田康行, 放射性核種 $^{10}\text{Be}$ からみたバイカル湖600mコア試料の堆積年代. 月刊地球 / 号外No. 42, 39-44, 2003.
- 西村弥亜・渡辺隆広・堀内一穂・小林紘一・河合崇欣, 地球化学的手法による地球磁場逆転時における気候・環境変動の可能性について. 月刊地球 / 号外No. 42, 149-157, 2003.
- 中村俊夫・尾田武文・田中 敦・堀内一穂, バイカル湖およびフスグル湖の湖底堆積物のAMSによる高精度 $^{14}\text{C}$ 年代測定. 月刊地球 / 号外No. 42, 20-31, 2003.
- 関根達人・柴 正敏, 蝦夷錦の品質と年代 - 赤地牡丹文蝦夷錦の分析を中心に -, 青森県史研究, 第8号, 101-119, 2003.
- 津村浩三, R C 建物の水平2方向層降伏特性 - 楕円形の降伏条件を持つ要素を並列結合して出来る構造の降伏条件 -, 日本建築学会構造系論文集, 第567号, 111 ~ 115頁, 2003年5月号
- 上原子晶久・下村 匠・丸山久一・新保学幸, 連続繊維シート補強R C 柱のじん性予測に関する力学モデル, 土木学会論文集, V-60/No.739, pp.237-250, 2003年8月.
- Akihisa KAMIHARAKO, Takumi SHIMOMURA, Kyuichi MARUYAMA, The Influence of Surface of Host Material on The Characteristics of Continuous Fiber Sheet, Proceedings of the 8th Japan International SAMPE Symposium, Vol.2, pp.1233-1236, November 2003.
- 三浦英俊・長谷見晶子・小菅正裕・海野徳仁・長谷川昭, 鬼首地域(宮城・秋田県境付近)におけるコーダ波減衰-近接する観測点間にみられる違い-, 地震2, 55巻, 351-359頁, 2003.
- 小菅正裕, 新・地震波形解剖学-序説-, 月刊地球, 25巻, 575-577頁, 2003.
- 小菅正裕, 高密度観測網から見た東北・北海道地方における地震波振幅異常の分布, 月刊地球, 25巻, 604-609頁, 2003.
- 相澤信吾・小菅正裕, モホ近傍とプレート境界における地震波散乱特性 - 東北地方北部及び北海道南部での高密度観測データの解析 -, 月刊地球, 25巻, 610-615頁, 2003.
- 小菅正裕・岩崎貴哉・上嶋 誠・松本 聡, 地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動, 月刊地球, 25巻, 749-754頁, 2003.
- 渡辺和俊, アニメ - ションから見た東北地方北部における深発地震の波動伝播, 月刊地球2003年8月号「新・地震波形解剖学」, 599-603, 2003.

### 【著書】

- 力石國男, 自然環境 - 多様な気象条件 -, 青森県史自然編生物, 青森県, 5-8, 2003.
- 鶴見寛, 「地球環境と放射線: 生態系への影響を考える」 第五章 酸性物質の生態系における行動と影響, 放医研・放射線安全研究センター編集, p46-53, 研成社, pp240, 2003.
- 池田 敬・柴 正敏・ほか28名, 青森の自然をたずねて 新訂版 日曜の地学 - 2, 築地書館, 227p, ISBN 4-8067-1274-4, 2003.

## 【学会発表（ポスター発表を含む）】

- M. Furukawa, V.I. Galkin, M. Hareyama, Y. Hirakawa, M. Ichimura, N. Inoue, E. Kamioka, T. Kobayashi, V.V. Kopenkin, S. Kuramata, A.K. Managadze, H. Matsutani, N.P. Misnikova, R.A. Mukhamedshin, S. Nagasawa, R. Nakano, M. Namiki, H. Nanjo, S.N. Nazarov, S. Ohta, H. Ohtomo, D.S. Oshuev, P.A. Publichenko, I.V. Rakobolskaya, T.M.Roganova, G.P. Sazhina, H. Semba, T. Shibata, D. Shuto, H. Sugimoto, L.G. Sveshnikova, R. Tanaka, N. Yajima, T. Yamagami, I.V. Yashin, E.A. Zamchalova, G.T. Zatsepin, I.S. Zayarnaya, " Primary Proton and Helium Spectra Observed by RUNJOB Collaboration ", Proceedings of 28th International Cosmic Ray Conference, pp1837-1840( 2003 )
- M. Furukawa, V.I. Galkin, M. Hareyama, Y. Hirakawa, M. Ichimura, N. Inoue, E. Kamioka, T. Kobayashi, V.V. Kopenkin, S. Kuramata, A.K. Managadze, H. Matsutani, N.P. Misnikova, R.A. Mukhamedshin, S. Nagasawa, R. Nakano, M. Namiki, H. Nanjo, S.N. Nazarov, S. Ohta, H. Ohtomo, D.S. Oshuev, P.A. Publichenko, I.V. Rakobolskaya, T.M.Roganova, G.P. Sazhina, H. Semba, T. Shibata, D. Shuto, H. Sugimoto, L.G. Sveshnikova, R. Tanaka, N. Yajima, T. Yamagami, I.V. Yashin, E.A. Zamchalova, G.T. Zatsepin, I.S. Zayarnaya, " All Particle Spectrum, Average Mass From RUNJOB Data ", Proceedings of 28th International Cosmic Ray Conference, pp1855-1858( 2003 )
- M. Furukawa, V.I. Galkin, M. Hareyama, Y. Hirakawa, M. Ichimura, N. Inoue, E. Kamioka, T. Kobayashi, V.V. Kopenkin, S. Kuramata, A.K. Managadze, H. Matsutani, N.P. Misnikova, R.A. Mukhamedshin, S. Nagasawa, R. Nakano, M. Namiki, H. Nanjo, S.N. Nazarov, S. Ohta, H. Ohtomo, D.S. Oshuev, P.A. Publichenko, I.V. Rakobolskaya, T.M.Roganova, G.P. Sazhina, H. Semba, T. Shibata, D. Shuto, H. Sugimoto, L.G. Sveshnikova, R. Tanaka, N. Yajima, T. Yamagami, I.V. Yashin, E.A. Zamchalova, G.T. Zatsepin, I.S. Zayarnaya, " Heavy Primary Spectrum Obtained By " Jet Trigger "Method ", Proceedings of 28th International Cosmic Ray Conference, pp1865-1869( 2003 )
- M. Furukawa, V.I. Galkin, M. Hareyama, Y. Hirakawa, M. Ichimura, N. Inoue, E. Kamioka, T. Kobayashi, V.V. Kopenkin, S. Kuramata, A.K. Managadze, H. Matsutani, N.P. Misnikova, R.A. Mukhamedshin, S. Nagasawa, R. Nakano, M. Namiki, H. Nanjo, S.N. Nazarov, S. Ohta, H. Ohtomo, D.S. Oshuev, P.A. Publichenko, I.V. Rakobolskaya, T.M.Roganova, G.P. Sazhina, H. Semba, T. Shibata, D. Shuto, H. Sugimoto, L.G. Sveshnikova, R. Tanaka, N. Yajima, T. Yamagami, I.V. Yashin, E.A. Zamchalova, G.T. Zatsepin, I.S. Zayarnaya, " Primary Heavy Components Spectra and 2-ry/1-ry Ratio Observed by RUNJOB Collaboration ", Proceedings of 28th International Cosmic Ray Conference, pp1877-1880 ( 2003 )
- 浅田 秀樹, Comments on " Measuring the gravity speed by VLBI "; 国際会議「Physical Cosmology」, ブロワ・フランス, 2003年6月17日.
- 力石 國男・今井昌文, 中規模擾乱の伝播に起因する黒潮の流軸変動, 日本海洋学会春季大会, 東京都, 3月28日, 2003.
- Rikiishi, K. and E. Hashiya and M. Imai, Linear trends of the length of snow-cover season in the Northern Hemisphere as observed by the satellites in the recent 28 years, International Symposium on Snow and Avalanches, Davos, Switzerland, June 3, 2003.
- Rikiishi, K. and J. Sakakibara, Seasonal change of the snow-cover extent in the former Soviet Union as seen from the historical snow-depth observations, International Symposium on Snow and Avalanches, Davos, Switzerland, June 4, 2003.
- Rikiishi, K., Y. Hashimoto, H. Matsuda and M. Michigami, Monitoring the Kuroshio in the Tokara Strait and Izu Island region by using submarine cables, The 3rd International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables and Related Technologies, Tokyo, June 25, 2003.
- Rikiishi, K., Y. Hashimoto, H. Matsuda and M. Michigami, Monitoring the Kuroshio in the Tokara Strait and Izu Islands region by using submarine cables, The 23-rd General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Sapporo, July 3, 2003.

- Rikiishi, K. and M. Imai, Propagation of meso-scale disturbances in the derived sea surface height field and change of the Kuroshio path in the Izu Islands region, The 23-rd General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Sapporo, July 4, 2003
- 力石國男・蓬田安弘, 十勝平野における局地的強風の発生機構について, 日本気象学会秋季大会, 仙台市, 10月15日, 2003.
- 蓬田安弘・力石國男, 関東からっ風の発生機構についての考察, 日本気象学会秋季大会, 仙台市, 10月15日, 2003.
- 力石國男, 積雪寒冷地における自然エネルギーの利用技術の開発研究, 文部科学省地域先導研究シンポジウム, 富山市, 11月21日, 2003.
- Y.-M. Kodama, A positive feedback process for maintaining the precipitation of the SACZ. 7th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, American Meteorological Society, ニュージーランド・ウエリントン市, 2003年3月.
- 児玉安正・富樫麻奈美, 他2名, 赤道大気レーダー(EAR)で観測された風の変動特性.2003年度日本気象学会春季大会.つくば市.2003年5月.
- 児玉安正・益田晴菜, 他1名, 冬季中緯度北西太平洋上の降水雲の雲物理的構造-TRMMマルチセンサー観測データの解析.2003年度日本気象学会春季大会.つくば市.2003年5月.
- Y.-M. Kodama and T. Yamada, Detectability of typhoon eyes over oceans in TRMM PR and IR observations. IUGG2003. 札幌市.2003年7月.
- Y.-M. Kodama, A positive feedback process for maintaining the precipitation of the SACZ. IUGG2003. 札幌市.2003年7月.
- 児玉安正・小野一俊, 青森県アメダス気象暦の作成と若干の考察, 大槌シンポジウム: モンスーンと東アジア(季節サイクルとその変動)コンビナー: 岡山大学教育学部 加藤内蔵進) 岩手県大槌町. 2003年8月.
- 山田琢哉・児玉安正, TRMMで観測された台風眼の統計的な特徴, 大槌シンポジウム: モンスーンと東アジア(季節サイクルとその変動)コンビナー: 岡山大学教育学部 加藤内蔵進) 岩手県大槌町.2003年8月.
- 児玉安正・大田明宏, 他4名, TRMMで観測された降雨と雷活動の季節変化.2003年度日本気象学会秋季大会.仙台市.2003年10月.
- Y.-M. Kodama and T. Yamada, Detectability of typhoon eyes over oceans in TRMM PR and IR observations. 2003 International Symposium on the Climate system of Asian Monsoon and its interaction with Society, タイ国コンケン市, 2003年11月.
- A. Ota, Y.-M. Kodama, et al., Seasonal variations of rainfall and lightning activity over monsoon areas observed by TRMM. 2003 International Symposium on the Climate system of Asian Monsoon and its interaction with Society, タイ国コンケン市.2003年11月.
- 石田祐宣・樋口篤志・田中賢治・松島大・玉川一郎・浅沼順・多田毅・小野圭介・林泰一・岩田徹・田中広樹・檜山哲哉・石川裕彦・田中健路・琵琶湖プロジェクト&京大DPRI 共同研究参加メンバー [28名] 複数の乱流計測機を用いた乱流熱輸送量空間分布観測の概要 琵琶湖プロジェクト2002年集中観測(CAPS), 日本気象学会(春)つくば国際会議場, 2003年5月22日.
- 樋口篤志・田中賢治・石田祐宣・松島大・玉川一郎・浅沼順・多田毅・小野圭介・林泰一・岩田徹・田中広樹・檜山哲哉・石川裕彦・田中健路・琵琶湖プロジェクト&DPRI共同研究参加メンバー [28名] 琵琶湖プロジェクト2002年集中観測(Catch A Plume by SATs:CAPS)その概要, 日本気象学会(春)つくば国際会議場, 2003年5月22日.
- 相澤武宏・氏家良博, 青森県鯖石における中新統泥岩の接触変成による有機熟成, 第21回有機地球化学シンポジウム, 北海道大学, 2003年8月5日,
- 氏家良博, 花粉化石の色調変化からみた堆積岩の熱履歴, 地学団体研究会 第57回新潟総会, 新潟大学理学部, 2003年8月8日,
- 氏家良博, 花粉の色調変化(stTAI)と地質現象, 日本地質学会第110年学術大会, 静岡大学, 2003年9月20日.

- 佐藤魂夫・今西和俊・加藤尚之・鷲谷威, 青森県東方沖の地震空白域内に発生した地震(2001年8月14日, M6.2)の破壊過程と地殻変動, 平成14年度自然災害科学東北地区部会, 弘前大学農学生命科学部, 2003年1月8日.
- 佐藤魂夫, 1968年十勝沖地震の北側アスペリティ周辺における最近の地殻活動, 東京大学地震研究所平成14年度共同利用研究集会「地震震源モデル: 運動学的モデルから動力学的モデルへ」, 東京大学地震研究所, 2003年1月21日.
- 佐藤魂夫・今西和俊・加藤尚之・鷲谷威, 青森県東方沖の地震空白域内に発生した地震(2001年8月14日, M6.2)に伴う地殻変動, 地球惑星科学関連学会, 2003年合同大会, 千葉幕張メッセ国際会議場, 2003年5月29日
- Sato, T., K. Imanishi, N. Kato, and T. Sagiya, Rupture process of an earthquake (Mw6.4) which occurred in a seismic gap off the east coast of Aomori on August 14, 2001 and its associated crustal deformation, General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Sapporo, June 30, 2003.
- 畑 元子・根本直樹・大串健一, 過去18.3万年間のシャツキー海膨における底生有孔虫群集の変動および古海洋変動, 地学団体研究会第57回総会, 新潟大学理学部, 2003年8月10日.
- 山内茂人・根本直樹, 津軽半島南部に分布する中～上部中新統の有孔虫化石, 地学団体研究会第57回総会, 新潟大学理学部, 2003年8月10日.
- 畑 元子・根本直樹・大串健一, 過去18万年間のシャツキー海膨における底生有孔虫群集の変動, 日本地質学会第110年学術大会, 静岡大学理学部, 2003年9月19日.
- 山内茂人・根本直樹, 津軽半島南部に分布する中～上部中新統の有孔虫化石, 日本地質学会第110年学術大会, 静岡大学理学部, 2003年9月19日.
- 工藤 崇・佐々木 実・内山祥弘・野沢暁史・佐々木 寿・時沢武史・相沢幸治, 東北日本弧, 八甲田 - 十和田カルデラクラスターにおける大規模珪長質マグマの岩石学的特徴とその時間変遷, 日本地質学会第110年学術大会, 静岡大学, 2003年9月19日.
- 西村 健・柴 正敏・佐々木 実, 青森県弘前市周辺に分布する鮮新世中新統三ッ森安山岩の岩石化学的研究, 日本火山学会2003年度秋季大会, 九州大学, 2003年10月11日.
- 藤原大佑・佐々木 実, 南八甲田火山群の形成史とマグマ組成の時空変遷, 日本火山学会2003年度秋季大会, 九州大学, 2003年10月11日.
- 堀内一穂・中村俊夫・尾田武文・河合崇欣, モンゴル国フスグル湖における最終氷期以降の著しい堆積環境変動. 日本陸水学会第68回大会, 岡山理科大学, 2003年9月.
- 堀内一穂, 氷床コアAMS分析の意義 - 堆積物分析の研究を踏まえて -. 第6回AMSシンポジウム, 学士会館分館, 2003年12月13日
- 津村浩三, 基礎の反力を利用した既存木造住宅の加力実験, 日本建築学会学術講演梗概集(中部大学) 構造, 345-346頁, 2003年9月6日.
- 片岡俊一・菅原郁美, 青森県津軽地域の震度観測点における表層地盤の平均S波速度の推定, 第38回地盤工学研究発表会(秋田) 2091-2092, 2003.
- 片岡俊一, 2003年5月26日におきた宮城県沖の地震の震度観測点における常時微動測定, 第22回日本自然災害学会大会学術講演会, 5-6, 2003.
- 小岩直人, 保村有美, 片岡俊一, 2003年5月26日宮城県沖で発生した地震の被害状況 - 北上低地帯中南部における被害と地形条件, 東北地理学会秋季学術大会, 2003.
- 上原子晶久・下村 匠・丸山久一, 連続繊維シートで補強されたRC柱のじん性予測モデル, 土木学会第58回年次学術講演会, 徳島大学, 2003年9月25日
- 相澤信吾・小菅正裕, 東北日本の太平洋プレート境界とモホ近傍に局在する短波長不均質構造, 地球惑星科学関連学会, 幕張メッセ, 2003年5月26日.
- 石澤真理・長谷見晶子・小菅正裕・海野徳仁・長谷川昭, 鬼首地熱地帯周辺地域の地震波散乱係数の分布, 地球惑星科学関連学会, 幕張メッセ, 2003年5月26日.
- 大谷佳子・渡邊和俊・高橋 昌之・小菅正裕・田中和夫, 十和田湖周辺域における高周波地震及び低周波地震活動, 地球惑星科学関連学会, 幕張メッセ, 2003年5月28日.

Kosuga, M. and S. Aizawa, Scattering structure in the lower crust beneath northeast Japan as inferred from coda envelopes of shallow earthquakes, International Union of Geodesy and Geophysics, 2003年7月1日.

小菅正裕, ニュージーランドの広帯域地震観測網で決定した近地地震のモーメントテンソル解, 日本地震学会, 国立京都国際会館, 2003年10月6日.

小菅正裕・渡邊和俊, 十和田の低周波地震及び東北日本の応力場, 「地殻のレオロジーと地震発生の関係-歪集中と深部低周波微動のメカニズム-」研究集会, 京都大学宇治キャンパス, 2003年11月25日.

小菅正裕, 地震波コーダのリップル再考, 「リソスフェアの短波長不均質構造の物理的解釈」研究集会, 東京大学地震研究所, 2003年11月21日.

大谷佳子・渡辺和俊・高橋昌之・小菅正裕・田中和夫, 十和田湖周辺域における高周波地震及び低周波地震活動, 地球惑星科学関連学会合同大会, 幕張メッセ国際会議場, 2003年5月28日.

### 【主催した学会および研究集会（特別セッションのコンビーナを含む）】

「基研研究会「重力波物理学」」, 浅田秀樹・重力波物理学研究会, 京都大学基礎物理学研究所, 2003年1月30日-2月1日

「地殻のレオロジーと地震発生の関係-歪集中と深部低周波微動のメカニズム-」, 小菅正裕・川崎一朗・大志万直人主催, 京都大学防災研究所, 2003年11月25・26日.

### 【特許】

南條宏肇, 熱交換井利用融雪・冷房システム, 日本, 特許願 整理番号 P T 2003-0001.

### 【その他（受賞，研究成果報告書，一般招待講演等）】

氏家良博, 有機地球化学会より有機地球化学賞(学術賞)を受賞, 2003年8月4日.

力石國男・荒木喬・石田祐宣・道上宗巳・蓬田安弘・稲垣一穂, 青森県の冬季気象及び風力エネルギーポテンシャルの観測研究, 地域先導研究「積雪寒冷地における自然エネルギー利用技術の開発研究」平成14年度研究成果報告書, 28 - 36, 2003.

力石國男・荒木喬・石田祐宣・道上宗巳, 青森県の冬季気象及び風力エネルギーポテンシャルの観測研究, 地域先導研究「積雪寒冷地における自然エネルギー利用技術の開発研究」平成12～14年度研究成果報告書, 36 - 52, 2003.

力石國男・橋本良夫・道上宗巳, 対馬海峡・トカラ海峡・伊豆諸島海域における電位差変動特性の比較, 文科省科研費補助金特定領域研究「縁辺海の時況予報のための海洋環境モニタリング」中間報告書( ) 63-66, 2003.

力石國男・橋本良夫・道上宗巳, 対馬海峡・トカラ海峡・伊豆諸島海域における電位差変動特性の比較, 文科省科研費補助金特定領域研究「縁辺海の時況予報のための海洋環境モニタリング」中間報告書( ) 67-69, 2003.

児玉安正, TRMM観測にもとづくモンスーン降雨系の総合的研究, 平成14年度宇宙開発事業団成果報告書, 11pp.2003.

児玉安正, TRMM観測にもとづくモンスーン降雨系の総合的研究, 平成15年度上半期宇宙開発事業団成果報告書, 7pp.2003.

根本直樹, 表層地質図, 青森県農林水産部農村整備課編, 土地分類基本調査「碓ヶ関」, 青森県農林水産部農村整備課発行, 14-25頁, 2003.

柴 正敏, 野尻(1)遺跡出土火山灰の火山ガラス分析, 野尻(1)遺跡V - 国道101号浪岡五所川原道路建設事業に伴う遺跡発掘調査報告 -, 青森県埋蔵文化財調査報告書 第351集, 203 - 204, 2003.

片岡俊一, (社)地盤工学会, 2003年三陸南地震および宮城県北部地震災害調査委員会編: 2003年三陸南地震, 宮城県北部地震災害調査報告書, 141p, 2003. 第1編 2003年三陸南地震, 第3章「地盤震動」, 第2編 2003年宮城県北部地震, 第3章「地震被害の全体像」, 3.1節「地震の被害」を共著

片岡俊一, (社)土木学会・地盤工学会合同 宮城県沖の地震調査団編: 2003年5月26日に発生した宮城県沖の地震 被害調査報告(PDF版), 21p, 2003. 第3章「地震動・地盤震動」を共著

- 上田多門, 三井雅一, 上原子晶久, コンクリート構造物の補強技術研究委員会報告, コンクリート工学年次論文集, Vol. 25, No.1, pp.23-32, 2003年7月, CD-ROM
- 上原子晶久, 日本コンクリート工学協会: コンクリート構造物の補強技術研究委員会報告書, 2003年7月.  
(編集担当, 並びに執筆分担)
- Kamiharako Akihisa, Japan Concrete Institute International Symposium on Latest Achievement of Technology and Research on Retrofitting Concrete Structures, Proceedings and Technical Report on JCI Technical Committee, JCI-C59E. (As a editor)
- 浅田 秀樹, 「Equation of motion for compact binaries with strong internal gravity」, 国際会議「Mathematics of Gravitation II」, ワルシャワ・ポーランド, 2003年9月4日
- 鶴見實, 弘前市食生活改善推進員会研修会 講師(平成15年4月11日)
- 鶴見實, 北東北国立3大学公開講演会 講師(平成15年7月5日)
- 鶴見實, 大鰐町教育委員会「大鰐町カレッジ」 講師(平成15年7月12日)
- 鶴見實, 弘前市小学校理科教育研究会夏期研修会 講師(平成15年7月21日)
- 鶴見實, 秋田市環境都市宣言記念式典パネルディスカッション講師(平成16年7月19日)
- 片岡俊一, 青森県における地震動の伝播・サイト増幅特性, 平成14年度東北地区自然災害科学研究集会, 2003年1月9日.
- 片岡俊一, 地震災害の理解, 第2回東北国際保健研究会市民フォーラム, 2003年11月2日.
- 小菅正裕, 低周波地震と地震波の散乱, 平成14年度東北地区自然災害科学研究集会, 2003年1月9日.

## 電子情報システム工学科

## 【学術論文 (Proceedings等を含む)】

- 中島健介, 陳健, 山下努 and 安田敬, “パルス管冷凍機と可変磁場永久磁石によるBi-2212固有ジョセフソン接合の磁束フロー特性”, 低温工学, 38(1) pp.31-35, 2003.
- K. Nakajima, J. Watanebe, H.B. Wang, J. Chen and T. Yamashita, “Ion Implantation Effects on Tunneling Properties of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$  Intrinsic Josephson Junctions”, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 13(1) pp.912-914, 2003.
- J. Chen, Y. Kurigata, H.B. Wang, K. Nakajima and T. Yamashita, “Wideband Frequency Metrology using High Temperature Superconducting Josephson Junctions”, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 13(1) pp.1143-1146, 2003.
- J. Chen, Y. Kurigata, H.B. Wang, K. Nakajima, T. Yamashita and P.H. Wu, “Sensitivity of high temperature superconducting Josephson detectors at millimeter-wave band”, Superconductor Science and Technology, 16 pp.1391-1393, 2003.
- K. Inomata, T. Kawae, S.-J. Kim, Ken. Nakajima, T. Yamashita, S. Sato, Koji Nakajima and T. Hatano, “Electrical transport characteristics of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+}$  stacked junctions with control of the carrier density”, Superconductor Science and Technology, 16 pp.1365-1367, 2003.
- K. Inomata, T. Kawae, K. Nakajima, S.J. Kim and T. Yamashita, “Junction parameter control of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+}$  stacked junctions by annealing”, Appl. Phys. Lett., 82(5) pp.769-771, 2003.
- T. Kawae, K. Nakajima, T. Yasuda, S.J. Kim and T. Yamashita, “Influence of Charging Energy on Cooper Pair Tunneling in Bi-2212 Small Intrinsic Josephson Junctions”, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 13(1) pp.897-900, 2003.
- Y. Mizugaki, J. Chen, S. Nishikata, K. Sugi, K. Nakajima and T. Yamashita, “Zero-Crossing Shapiro Step in a Three-Junction SQUID Magnetically Coupled with Two Phase-Shifted RF Signals”, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 13(1) pp.924-929, 2003.
- Y. Mizugaki, Y. Uematsu, J. Chen, K. Nakajima, T. Yamashita, H. Sato and M. Naito, “Intrinsic Josephson junctions in c-axis oriented  $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$  thin films”, Journal of Applied Physics, 95 pp.2534-2538, 2003.
- 三上尊正・中澤日出樹・遠田義晴・末光眞希・真下正夫, 高周波マグネトロンスパッタリング法により作製したダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜の構造と熱的安定性, 表面科学, 24巻, 411-416頁, 2003.
- H. Nakazawa, T. Mikami, Y. Enta, M. Suemitsu and M. Mashita, Structure, Chemical Bonding and These Thermal Stabilities of Diamond-Like Carbon (DLC) Films by RF Magnetron Sputtering, Japanese Journal of Applied Physics, 42, L676-L679, 2003.
- 荒木喬・長谷川大輔・長瀬智行・荒木真・尾野久雄, 誘導磁力計によるタイヤのスリップ検出, IEEJ Trans.SM, Vol.123, No.9, pp.376-377(2003)
- 荒木喬・高山彰優・長瀬智行・荒木真, PICによるソフトウエア磁力計の開発, IEEJ Trans.SM, Vol.123, No.10, pp.448-449(2003)
- 荒木喬・荒明慎久・力石國男・長瀬智行, 磁気センサとGPSによる海流測定システム, IEEJ Trans. SM, Vol.123, No.10, pp.450-451(2003)
- E.Konishi, G.Galkin, Y.Minorikawa, I.Nakamura, N.Takahashi and A.Misaki, The Analysis of Fully Contained Events and Partially Contained Events in the Virtual Super-Kamiokande and Neutrino Oscillation Problems, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan Vol.3, p.1271-1274 (2003)
- A.Misaki, A.Anokhina, N.Budnev, S.Nazarov, V.Galkin, M.Higuchi, M.Ishiwata, S.Kawaguchi, E.Konishi, S.Kochanov, A.Lagutin, T.Matsuyama, K.Minoura, Y.Minorikawa, I.Nakamura, S.Polityko, R.Raikin, N.Takahashi, M.Tamada and H.Vankov, The design study for the Hyper Baikal Detector (HBD) in lake Baikal for Extremely High Energy Neutrino Astrophysics--Strategy and the present purpose, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan, Vol.3, p.1361-1364(2003)

- S.Polityko, E.Konishi, N.Takahashi, A.Kochanov, V.Galkin and A.Misaki, Numerical results of the improved differential and integral cross sections for bremsstrahlung and pair production with the LPM effect, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan, Vol.2, p.519-522 ( 2003 )
- N.Takahashi, E.Konishi and A.Misaki, The three-dimensional propagation of high energy muon through water, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan, Vol.3, p.1483-1486( 2003 )
- N.Ochi, A.Iyono, H.Kimura, T.Konishi, T.Nakamura, T.Nakatsuka, S.Ohara, N.Ohmori, K.Okei, K.Saitoh, N.Takahashi, S.Tsuji, T.Wada, I.Yamamoto, Y.Yamashita, Y.Yanagimoto, and the Large Area Air Shower group, Search for large-scale coincidences in network observation of cosmic ray air showers, Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, 29( 2003 ) p1169-1180
- S.Ohara, T.Konishi, K.Tsuji, M.Chikawa, Y.Kato, T.Wada, N.Ochi, I.Yamamoto, N.Takahashi, W.Unno, T.Kitamura and Large Area Air Shower( LASS ) Group., Chaos in different far-off cosmic rays: a fractal wave model, Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, 29( 2003 ) p2065-2077
- A.Misaki, T.S.Sinegovskaya, S.I.Sinegovsky, N.Takahashi, Fluxes of atmospheric muons underwater depending on the small-x gluon density, Journal of Physics G:Nuclear and Particle Physics, 29( 2003 ) p387-394
- N.Takahashi, I.Nakamura and A.Misaki, Analysis of Upward Through Going Muon Events and Stopping Muon Events in the Virtual Super-Kamiokande Detector and the Neutrino Oscillation, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan, Vol.3, p.1275-1278 ( 2003 )
- H.Takada, N.Takahashi and S.Kawaguchi, Analysis of the arrival time of serial air showers by using Erlang Distribution and Poisson Distribution, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan, Vol.1, p.211-214 ( 2003 )
- N.Ochi, A.Iyono, T.Konishi, T.Nakamura, T.Nakatsuka, S.Ohara, N.Ohmori, K.Okei, K.Saitoh, J.Tada, N.Takahashi, S.Tsuji, T.Wada, I.Yamamoto, Y.Yamashita, and Large Area Air Shower ( LAAS ) group., Search for large-scale coincidences of EAS in LAAS experiment, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan, Vol.1, p.191-194 ( 2003 )
- A.Iyono, N.Ochi, Y.Fujiwara, T.Konishi, T.Nakamura, T.Nakatsuka, S.Ohara, N.Ohmori, K.Okei, K.Saitoh, J.Tada, N.Takahashi, S.Tsuji, T.Wada, I.Yamamoto, Y.Yamashita and LAAS group., The Meteorological Effects of Cosmic Ray Intensity at Sea Level Observed at Multiple EAS Arrays in LAAS Experiments, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan, Vol.1, p.203-206 ( 2003 )
- Y.Akitsu, K.Iwata, Y.Kirihara, K.Kuga, S.Lan, M.Nakagawa, K.Okei, O.Saavedra, J.Toda, N.Takahashi, S.Tsuji, Y.Yamashita, I.Yamamoto, and T.Wada., Nuclearite Search with the TL Stack Detector at Ground Level, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan, Vol.3, p.1751-1754( 2003 )
- M.Aglietta et.al.,( 72名中58番目 ) Analysis of the Events Recorded by the LVD Neutrino Detector From Large Solar Flares During High Solar Activity, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan, Vol.3, p.1251-1254 ( 2003 )
- M.Aglietta et.al.,( 70名中56番目 ) 10 Years Search for Neutrino Bursts with LVD, 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan, Vol.3, p.1333-1336 ( 2003 )
- 高橋信介・高田寛之・川口節雄, GPS信号を用いた空気シャワー飛来時間解析—全天プロットの自己相関画像処理解析—, 弘前大学理工学部研究報告第5巻第2号, p.15-25 ( 2003 )
- 高田寛之・高橋信介・川口節雄, アーラン分布による連続空気シャワーの飛来頻度解析, 弘前大学理工学部研究報告第6巻, 第1号, p.43-49 ( 2003 )
- 飯倉善和, 齋藤玄敏, 丹波澄雄, 放射照度の空間的な変動を考慮した衛星画像の地形効果補正, 日本リモートセンシング学会誌, 23( 4 ) pp.386-392, ( 2003 )
- Sumio Tamba and Yoshikazu Ikura, Extraction of GCP from nighttime AVHRR image, Proceedings of The 24th Asian Conference on Remote Sensing & 2003 International Symposium on Remote Sensing ACRS 2003 ISRS, Busan, Korea, CD-ROM IT2, ( 2003 )

- Ikeda, M., M. Arai, T. Okuno and T. Shimizu, TMPDB: a database of experimentally- characterized transmembrane topologies, *Nucleic Acids Res.*, 31, 406-409, 2003.
- Arai, M., M. Ikeda and T. Shimizu, Comprehensive analysis of transmembrane topologies in prokaryotic genomes, *Gene*, 304, 77-86, 2003.
- Nishio, T., T. Shimizu, J. C. T. Kwak and A. Minakata, The cooperative binding of large ligands to a one-dimensional lattice: the steric hindrance effect, *Biophys. Chem.*, 104, 501-508, 2003.
- Sugiyama, Y., N. Poluliakh and T. Shimizu, Identification of transmembrane protein functions by binary topology patterns, *Protein Eng.*, 16, 479-488, 2003.
- Shimizu, T., The cooperative binding of surfactant ions by small oligomers of opposite charge. *J. Phys. Chem.: B*, 107, 8228-8231, 2003
- Azumi, K., Santis, R. D., Tomaso, A. D., Rigoutsos, I., Yoshizaki, F., Pinto, M. R., Marino, R., Shida, K., Ikeda, M., Ikeda, M., Arai, M., Inoue, Y., Shimizu, T., Satoh, N., Rokhsar, D. S., Pasquier, L. D., Kasahara, M., Satake, M. and Nonaka, M., Genomic analysis of immunity in a Urochordate and the emergence of the vertebrate immune system: " waiting for Godot ", *Immunogenetics*, 55, 570-581, 2003.
- Arai, M., K. Okumura, M. Satake and T. Shimizu, Comprehensive functional classification and identification of transmembrane proteins by clustering based on sequence and topology similarities, *The 5th International Workshop on Advanced Genomics*, 106, 2003.
- Ikeda, M., J.-X. Xia, T. Okuno, and T. Shimizu, A highly reliable approach to transmembrane topology prediction, *Proceedings of European Conference on Computational Biology ( ECCB ) 2003*, 177-178, 2003.
- Munakata, H., A. Aimaiti, A. Taneda, K. Osawa and T. Shimizu, Analysis of tandem repeats detected in prokaryotic genomes, *Genome Informatics 2003*, 464-465, 2003.
- Arai, M., K. Okumura, M. Satake, and T. Shimizu, Genome-wide functional classification/ identification of prokaryotic transmembrane proteins based on transmembrane topology similarity, *Genome Informatics 2003*, 543-544, 2003.
- Mitsuke, M., K. Noto, M. Arai and T. Shimizu, Transmembrane protein evolution by internal gene duplication, *Genome Informatics 2003*, 545-546, 2003.
- Inoue, Y., and T. Shimizu, Comprehensive functional identification of transmembrane proteins using the BTP method, *Genome Informatics 2003*, 547-548, 2003.
- Konishi, S., T. Nishio, and T. Shimizu, Inner residues in the transmembrane helix bundle are conservative, *Genome Informatics 2003*, 549-550, 2003.
- Oya, I., S. Mizuta and T. Shimizu, The clusters of transmembrane protein genes in prokaryotic genomes. *Genome Informatics 2003*, . pp. 551-552, 2003.
- Xia, J-X., and T. Shimizu, A consensus transmembrane topology prediction method of high-reliability. *Genome Informatics 2003*, 553-554, 2003.
- M.Saito, A.Sarai, Free energy calculations for the relative binding affinity between DNA and -repressor, *PROTEINS*, 52, 129-136, 2003.
- 齋藤 稔・佐谷野健二, 地球シミュレータによる蛋白質の高速シミュレーション, *情報処理学会研究報告*, 2003-HPC-95-6, 31-34, 2003.
- 齋藤 稔・佐谷野健二, 地球シミュレータによる蛋白質の高速シミュレーション, *先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2003 論文集*, 169-170, 2003.
- 岡田隆三・谷口恭弘・小野口一則, 時間評価型オプティカルフローの検出, *電子情報通信学会論文誌*, VOL. J86-D-II No.1, 52-62頁, 2003.
- R. Okada, Y. Taniguchi and K. Onoguchi, Obstacle detection using projective invariant and vanishing lines, In *proceedings of ninth IEEE International Conference on Computer Vision*, 2003.

- M. Takeda, N. Sakaki, K. Honda, M. Chikawa, M. Fukushima, N. Hayashida, N. Inoue, K. Kadota, F. Kakimoto, K. Kamata, S. Kawaguchi, S. Kawakami, Y. Kawasaki, N. Kawasumi, A. M. Mahrous, K. Mase, S. Mizobuchi, M. Nagano, H. Ohoka, S. Ozone, N. Sakurai, M. Sasaki, M. Sasano, H. M. Shimizu, K. Shinozaki, M. Teshima, R. Torii, I. Tsushima, Y. Uchihori, T. Yamamoto, S. Yoshida and H. Yoshii, Energy Determination in the Akeno Giant Air Shower Array Experiment, Proc. of 28th ICRC ( Tsukuba ) Vol.1 ( 2003 ) 381-384.
- Y. Yoshioka, An Analysis of a Group Arrival Queue with a Server Transmitting Packets at Timer Interrupts, International Information Institute, Vol.6, No.4, pp.475-484, 2003-08.
- 葛西和歌子・雨森道紘, 「顔画像低周波表現と主成分解析における固有状態の具体的秒像とその意味」日本認知学会第20回大会発表論文集, R-35, pp294-295, 2003.
- Satoshi Mizuta and Toshio Shimizu, Unified Optimization of Neural Network by Genetic Algorithm, Proceedings of the Second International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis, 281-294, 2003.
- Nagase, T., D. Hasegawa, and T. Araki, SD-IMAS: A new slip detection system design for a vehicle using an induction magnetometer and an accelerometer, WSEAS Trans. on Circuits, Vol. 2, No.1, pp.86-89, 2003.
- Nagase, T., R. Scott, Y. Yoshioka, T. Araki, and T. Nakamura, Critical issues for digital society: security in e-commerce, Journal of Information-Science-Life, Vol.2, No. 3, pp.1-11, 2003.
- Nagase T., M. Komata and T. Araki, A quadripartite rotating key for secure wireless data transmission, " WSEAS Trans. on Communications, Vol.2, No. 4, pp.478-481, 2003.
- Nagase T., M. Komata and T. Araki, Euler-based 3D spatial position and direction measurements algorithm using a magnetic sensor, WSEAS Trans. on Circuits, Vol. 2, No.1, pp.238-241, 2003.
- Kenji Ichijo and Yoshio Yoshioka, Efficient Implementation of the Vector Operation on the Loop Structured Computer, Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, p.338-344, 2003.

### 【著書】

- 小西栄一, 理工系学生のための数値計算の理論と実際, 弘前大学生協, A4版, 総ページ数177, ISBN4-938999-09-9, 2003年3月.

### 【学会発表(ポスター発表を含む)】

- K. Nakajima, H. Sasaki, J. Chen, T. Yamashita, " Microwave-induced effects on collective vortices motion in Bi-2212 intrinsic Josephson junction stacks "; European Conference on Applied Superconductivity ( EUAS2003 ) Sorrento Italy, Sept. 17, 2003.
- 山田靖幸, 中島健介, 陳健, 山下努, " BSCCOメサ接合と結合させたNb/AIOx/Nb接合の作製 ", 2003年春季応用物理学会学術講演会, 神奈川大学, 2003年3月29日.
- 中島健介, 佐々木哉, 陳健, 安田敬, 山下努, " 固有ジョセフソン接合スタックのポルテクス運動に及ぼすRF電磁場の影響 ", 2003年春季応用物理学会学術講演会, 神奈川大学, 2003年3月28日.
- 海老沢憲一, 陳健, 中島健介, 山下努, 櫻沢真人, 山本寛, 松原洋一, " 小型パルス管冷凍機に搭載した高温超伝導ジョセフソン接合のノイズ特性 "; 2003年春季応用物理学会学術講演会, 神奈川大学, 2003年3月29日.
- 栗形悠平, 王華兵, 陳健, 中島健介, 山下努, " ミリ波帯におけるYBCOジョセフソン接合を用いた高周波検出システムの評価 "; 2003年春季応用物理学会学術講演会, 神奈川大学, 2003年3月27日.
- 佐々木哉, 中島健介, 川江健, 陳健, 安田敬, 山下努, " BSCCO 固有ジョセフソン接合における磁束フローとその高周波応答(2) "; 2003年春季応用物理学会学術講演会, 神奈川大学, 2003年3月28日.
- 栗形悠平, 王華兵, 陳健, 中島健介, 山下努, " ミリ波帯における高温超伝導接合を用いた高周波検出システムの評価 "; 電子情報通信学会2003年総合大会, 東北大学, 2003年3月19日.

- 川江健, 安田敬, 中島健介, 淡路智, 山下努, “Bi-2212 微小固有ジョセフソン接合における帯電効果の観測”, 電子情報通信学会2003年総合大会, 東北大学, 2003年3月19日.
- 前田功治, 王華兵, 中島健介, 山下努, “固有ジョセフソン接合の高周波応答”, 電子情報通信学会2003年総合大会, 東北大学, 2003年3月19日.
- 安田敬, 川江健, 中島健介, 山下努, 古川昌司, “LPE膜上に形成した平面型Bi-2212固有接合のI-V特性”, 2003年秋季応用物理学学会学術講演会, 福岡大学, 2003年9月1日.
- 綿打敏司, 田中功, 中島健介, 山下努, “ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  単結晶LPE 膜の超伝導特性の膜厚依存性”, 2003年秋季応用物理学学会学術講演会, 福岡大学, 2003年8月30日.
- 海老沢憲一, 陳健, 中島健介, 山下努, 櫻沢真人, 山本寛, “小型パルス管冷凍機を用いた高温超伝導ジョセフソン高周波検出システム”, 2003年秋季応用物理学学会学術講演会, 福岡大学, 2003年9月1日.
- 山田靖幸, 中島健介, 陳健, 山下努, “Nb/AIOx/Nb接合によるBSCCO固有接合のフラックスフロー特性の評価”, 2003年秋季応用物理学学会学術講演会, 福岡大学, 2003年8月30日.
- 佐々木哉, 中島健介, 陳健, 安田敬, 山下努, “BSCCO固有ジョセフソン接合における磁束フローとその高周波応答(3)”, 2003年秋季応用物理学学会学術講演会, 福岡大学, 2003年9月1日.
- 遠田義晴・原口理・中澤日出樹・村田威史,  $\text{N}_2\text{O}$ ガスによるSi(100)表面の初期熱酸化過程, 電気学会, 東北学院大学泉キャンパス, 2003年3月18日.
- 遠田義晴・武田創太郎・原口理・中澤日出樹・加藤博雄・匂坂康男・村田威史・末光眞希, Si(100)表面 $\text{N}_2\text{O}$ 初期熱酸化過程のSi 2p内殻準位光電子分光, 応用物理学会, 福岡大学七隈キャンパス, 2003年9月1日.
- 小西栄一・A.M.Anokhina・V.I.Galkin・中村市郎・岬暁夫, スーパーカミオカンデにおけるニュートリノ識別をめぐる(2), 日本物理学会, 東北学院大学土樋キャンパス, 2003年3月31日.
- 越智信影・伊代野淳・木村一臣・山本勲・和田具典・山下敬彦・柳本幸男・中塚隆郎・小西健陽・大原莊司・高橋信介・辻修平, 大広域宇宙線空気シャワー観測XI, 日本物理学会, 東北学院大学土樋キャンパス, 2003年3月30日.
- 伊代野淳・木村一臣・越智信影・山本勲・和田具典・山下敬彦・柳本幸男・中塚隆郎・小西健陽・大原莊司・高橋信介・辻修平, 大広域宇宙線空気シャワー観測XII, 日本物理学会, 東北学院大学土樋キャンパス, 2003年3月30日.
- 高橋信介・中村市郎・岬暁夫, スーパーカミオカンデにおけるUpward going muon及びStopping muonとニュートリノ振動を巡って(その2), 日本物理学会, 東北学院大学土樋キャンパス, 2003年3月31日.
- 越智信影・伊代野淳・藤原康弘・山本勲・和田具典・山下敬彦・桶井一秀・常盤昌宏・多田潤平・中塚隆郎・辻修平・小西健陽・大原莊司・高橋信介・大盛信晴・中村亨・斎藤勝彦, 大広域宇宙線空気シャワー観測 : 多地点同時観測によるエネルギースペクトル推定, 日本物理学会, 宮崎ワールドコンベンションセンター・サミット, 2003年9月10日.
- 伊代野淳・越智信影・藤原康弘・山本勲・和田具典・山下敬彦・桶井一秀・常盤昌宏・多田潤平・中塚隆郎・辻修平・小西健陽・大原莊司・高橋信介・大盛信晴・中村亨・斎藤勝彦, 大広域宇宙線空気シャワー観測 : 宇宙線強度の多地点相関, 日本物理学会, 宮崎ワールドコンベンションセンター・サミット, 2003年9月10日.
- 高橋信介, Image Intensifierを用いた微弱熱蛍光の画像処理, 情報処理学会東北支部平成14年度第3回研究会, 弘前大学理工学部, 2003年2月21日.
- 高田寛之・高橋信介・川口節雄, GPS時刻を用いたHirosaki AS Arrayによる空気シャワー飛来時間解析, 情報処理学会東北支部平成14年度第3回研究会, 弘前大学理工学部, 2003年2月21日.
- 小見野壘, 丹波澄雄, 吉森久, 相馬孝志, 千葉史, マルチプラットフォーム対応分散型高精度衛星画像コンボジットシステムの開発, 計測自動制御学会, 東海大学情報技術センター, pp.33-34, (2003.2.27)
- 丹波澄雄, 大森健資, 吉森久, 観測データに基づいた熱赤外カメラの走査角度依存誤差の補正, 日本リモートセンシング学会, 日本大学文理学部, pp.141-142, (2003.5.15)
- 丹波澄雄, 飯倉善和, 夜間の中間赤外データに基づいたGCPデータの抽出方法, 日本リモートセンシング学会, 日本大学文理学部, pp.131-134, (2003.5.16)

- 杉山佳明・新居真吏・清水俊夫, 配列類似性とトポロジー類似性による膜貫通タンパク質の網羅的機能同定. 情報処理学会東北支部 平成14年度第3回研究会, 弘前大学, 2003年2月21日.
- 横山勉・清水俊夫, 原核ゲノムにおける遺伝子クラスター解析. 情報処理学会東北支部 平成14年度第3回研究会, 弘前大学, 2003年2月21日.
- 井上泰仁・清水俊夫, BTP法を用いた膜貫通タンパク質の網羅的機能同定. 情報処理学会東北支部 平成14年度第3回研究会, 弘前大学, 2003年2月21日.
- 新居真吏・清水俊夫, 原核生物種における膜貫通タンパク質の構造・機能の網羅的解析. 情報処理学会東北支部 平成14年度第3回研究会, 弘前大学, 2003年2月21日.
- 劉傑文・棟方光・アプリミティ・エイメイティ・種田晃人・清水俊夫, カラーコーディング法を用いた原核ゲノムタンデムリピート検出. 情報処理学会東北支部 平成14年度第3回研究会, 弘前大学, 2003年2月21日.
- Arai, M., Okumura, K., Satake, M. and Shimizu, T., Comprehensive functional classification and identification of transmembrane proteins by clustering based on sequence and topology similarities, The 5th International Workshop on Advanced Genomics, 横浜, 2003年6月26～27日.
- 夏俊雄・池田修己・清水俊夫, 高信頼性膜貫通トポロジー予測データを得るための一つのアプローチ, 生物物理学会第41回年会, 新潟, 2003年9月23～25日.
- 孫鵬飛・小西祐伸・西尾卓広・清水俊夫, 膜貫通ヘリックス間コンタクトペアの解析, 生物物理学会第41回年会, 新潟, 2003年9月23～25日.
- 小西祐伸・清水俊夫, 膜貫通ヘリックスバンドル内側のアミノ酸残基は保存される傾向がある, 生物物理学会第41回年会, 新潟, 2003年9月23～25日.
- 奥村宏輔・新居真吏・清水俊夫, 膜貫通タンパク質機能の分類・同定におけるトポロジー情報の有効性, 生物物理学会第41回年会, 新潟, 2003年9月23～25日.
- 新居真吏・奥村宏輔・佐竹正延・清水俊夫, 膜貫通トポロジーの類似性に基づく膜貫通タンパク質機能の網羅的分類・同定, 生物物理学会第41回年会, 新潟, 2003年9月23～25日.
- 井上泰仁・清水俊夫, Binary Topology Pattern による膜貫通タンパク質の網羅的機能分類・同定, 生物物理学会第41回年会, 新潟, 2003年9月23～25日.
- 大谷一太郎・水田智史・清水俊夫, 原核生物ゲノムにおける膜貫通たんぱく質遺伝子クラスターの解析, 生物物理学会第41回年会, 新潟, 2003年9月23～25日.
- 野登圭介・清水俊夫, 膜貫通タンパク質配列用高性能アミノ酸置換行列作成, 生物物理学会第41回年会, 新潟, 2003年9月23～25日.
- Abulimiti Aimaiti・棟方光・種田晃人・大澤研二・清水俊夫, バクテリアにおけるタンデムリピートの検出とその解析, 生物物理学会第41回年会, 新潟, 2003年9月23～25日.
- 棟方光・Abulimiti Aimaiti・種田晃人・大澤研二・清水俊夫, カラーコーディング法によるタンデムリピート検出の性能評価, 生物物理学会第41回年会, 新潟, 2003年9月23～25日.
- Ikeda, M., Xia, J.-X., Okuno, T. and Shimizu, T., A highly reliable approach to transmembrane topology prediction, Proceedings of European Conference on Computational Biology (ECCB) 2003, Paris, France, 2003年9月27～30日.
- Munakata, H., Aimaiti, A., Taneda, A., Osawa, K. and Shimizu, T., Analysis of tandem repeats detected in prokaryotic genomes, Genome Informatics 2003 (GIW2003) 横浜, 2003年12月14～17日.
- Arai, M., Okumura, K., Satake, M. and Shimizu, T., Genome-wide functional classification/ identification of prokaryotic transmembrane proteins based on transmembrane topology similarity, Genome Informatics 2003 (GIW2003) 横浜, 2003年12月14～17日.
- Mitsuke, H., Noto, K., Arai, M. and Shimizu, T., Transmembrane protein evolution by internal gene duplication, Genome Informatics 2003 (GIW2003) 横浜, 2003年12月14～17日.
- Inoue, Y. and Shimizu, T., Comprehensive functional identification of transmembrane proteins using the BTP method, Genome Informatics 2003 (GIW2003) 横浜, 2003年12月14～17日.
- Konishi, S., Nishio, T. and Shimizu, T., Inner residues in the transmembrane helix bundle are conservative, Genome Informatics 2003 (GIW2003) 横浜, 2003年12月14～17日.

- Oya, I., Mizuta, S. and Shimizu, T., The clusters of transmembrane protein genes in prokaryotic genomes, Genome Informatics 2003 (GIW2003) 横浜, 2003年12月14~17日.
- Xia, J.-X. and Shimizu, T., A consensus transmembrane topology prediction method of high-reliability, Genome Informatics 2003 (GIW2003) 横浜, 2003年12月14~17日.
- 小野口一則・武田信之・仲野剛・中井宏章, ITSにおける視覚の利用法, 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, 奈良先端大学院大学, 2003年1月16日.
- 古川賢司・岡田隆三・谷口恭弘・小野口一則, 車載用画像処理LSIを用いた車両周辺監視システム, 第9回画像センシングシンポジウム, パシフィコ横浜, 2003年6月12日.
- 川口節雄・小西栄一・加藤正和・中村市郎・岬暁夫・H.Vankov, 地球大気を横切る超大空気シャワー, 日本物理学会, 東北学院大学土樋キャンパス, 2003年3月30日.
- 竹田成宏・千川道幸・福島正巳・林田直明・本田建・井上直也・門多頭司・垣本史雄・鎌田甲一・川口節雄・川上三郎・川崎賀也・川隅典雄・A.M.Mahrous・間瀬圭一・溝渕智子・永野元彦・大岡秀行・大曾根聡子・榊直人・櫻井信之・佐々木真人・篠野雅彦・清水裕彦・篠崎健児・手嶋政廣・鳥居礼子・津島逸郎・内堀幸夫・山本常夏・吉田滋・吉井尚, AGASA観測報告60 最新結果と他グループとの比較, 日本物理学会, 宮崎ワールドコンベンションセンター・サミット, 2003年9月10日.
- 趙丹寧・吉岡良雄, タイマー割り込みによってパケットを送信する集団到着待ち行列システムのトラヒック解析, 電子情報通信学会機能集積情報システム時限研究専門委員会 FIIS02-110, 2003年3月7日.
- 福士広大・一條健司・吉岡良雄, 標数2の体上での楕円曲線群の位数計算, 情報処理学会・コンピュータセキュリティ研究会 IPSJ SIG Tech. Rept. 2003-CSEC-21(1), pp.1-6, 2003年5月15日.
- 緑川直樹・吉岡良雄, Loop Structured Computerにおける動的パケット通信切り替え方式, 電子情報通信学会機能集積情報システム時限研究専門委員会 FIIS03-126, 2003年10月17日.
- 吉岡良雄, 省エネ・プロセッサ・システムの提案, 平成15年度電気関係学会東北支部連合大会, 1F-7, 2003年8月21日.
- 緑川直樹・吉岡良雄, LSC における動的通信切り替え方式, 平成15年度電気関係学会東北支部連合大会, 1J-12, 2003年8月21日.
- る忠軍・一條健司・吉岡良雄, CAID における美術模様のための変換アルゴリズム, 平成15年度電気関係学会東北支部連合大会, 1H-15, 2003年8月21日.
- 金弘林・一條健司・吉岡良雄, JPEG2000 におけるレート制御と電子透かし, 平成15年度電気関係学会東北支部連合大会, 2H-13, 2003年8月22日.
- 雨森道紘・外崎道夫, 「GA.ニューラルネットによる水中分光反射率を用いた水中物質濃度の推定」日本情報処理学会第65回全国大会, 東京工科大学, 2003年3月.
- 水田智史, ニューラルネットによって構成された予測器による, 適応的な画像圧縮, 情報処理学会第65回全国大会, 東京工科大学, 2003年3月25日.
- 水田智史, 疑似シミュレイトドアニリングによるニューラルネットの最適化と画像の適応的な可逆圧縮, 電気学会 電子・情報・システム部門大会, 秋田大学手形キャンパス, 2003年8月30日.
- 成田明子・水田智史・吉岡良雄, 自己増殖型モデルのシミュレーション専用LSCのトラヒック解析と性能評価, 平成14年度第3回情報処理学会東北支部研究会, 弘前大学理工学部, 2003年2月21日.
- Daibou, T., T. Nagase, Y. Yoshioka, A new Intrusion Detection technique based on discriminating user's input Data, IPSJ SIGNotes Computer Security No.021, pp.83-88, 2003.
- 一條健司・吉岡良雄, ベクトル演算の実装とLSCの局所メモリについて, 電気関係学会東北支部連合大会, 岩手県立大学, 2003年8月21日.
- 一條健司・吉岡良雄, データフロー型並列計算機LSCへのベクトル演算実装のシミュレーション, 電子情報通信学会2003年総合大会, 東北大学, 2003年3月22日.

#### 【主催した学会および研究集会（特別セッションのコンピーナを含む）】

- 情報処理学会東北支部平成14年度第3回研究会, 清水俊夫, 情報処理学会東北支部主催, 弘前大学理工学部, 2003年2月21日.
- コンピュータセキュリティ研究会, 吉岡良雄, 情報処理学会主催, 弘前大学, 2003年5月15~16日.

**【特許】**

- 遠田義晴・武田創太郎, シリコン酸窒化膜形成方法, 特願2003-397529, 2003年11月27日.
- 小野口一則, レーダーにおける目標の類識別方法及び装置, 日本, 特許第3499807, 2003年12月5日.
- 小野口一則, 荷電粒子顕微鏡, 日本, 特許第3499690, 2003年12月5日.
- 小野口一則, 時系列画像処理装置及び方法, 日本, 特許第3484132, 2003年10月17日.
- 小野口一則, 画像監視装置及び画像監視方法, 日本, 特許第3480894, 2003年10月10日.
- 小野口一則, モデルデータ作成装置及びモデルデータ作成方法, 日本, 特許第3454960, 2003年7月25日.
- 小野口一則, 移動障害物検出装置及びその方法, 日本, 特許第3447461, 2003年7月4日.
- 小野口一則, ランドマーク認識装置およびランドマーク認識方法, 日本, 特許第3437671, 2003年6月6日.
- 小野口一則, 画像認識装置及び方法, 日本, 特許第3419968, 2003年4月18日.
- 小野口一則, 荷電粒子光学鏡筒における非点収差の補正及び焦点合わせ方法, 日本, 特許第3402868, 2003年2月18日.
- 小野口一則, 障害物検出装置および障害物検出方法, 日本, P2003-033126, 2003年2月出願.
- 小野口一則, 前方監視装置およびその方法, 日本, P2003-067272, 2003年3月出願.
- 小野口一則, 撮像装置, 撮像方法, 日本, P2003-081840, 2003年3月出願.
- 小野口一則, 荷電粒子顕微鏡, 日本, P2003-352727, 2003年10月10日出願.
- 小野口一則, 障害物検出装置および障害物検出方法, 日本, P2003-418201, 2003年12月16日出願.
- 小野口一則, 画像処理装置およびその方法, アメリカ, 10607045, 2003年6月27日出願.
- 小野口一則, 障害物検出装置, アメリカ, 10649939, 2003年8月28日出願.
- 小野口一則, 障害物検出装置, EPO, 03255358.8, 2003年8月28日出願.

**【その他(受賞, 研究成果報告書, 一般招待講演等)】**

- 清水俊夫, トポロジー類似性に基づく膜貫通タンパク質機能の分類・予測, 2003年度大川情報通信基金研究助成対象, 2003年8月.
- 丹波澄雄, 大森健資, 吉森久, 観測データに基づいた熱赤外カメラの相対誤差補正, 生研フォーラム「宇宙からの地球環境モニタリング」第12回論文集, pp.101-106, (2003)
- 丹波澄雄, 飯倉善和, 中間赤外データを利用した夜間のGCPデータの抽出, 生研フォーラム「宇宙からの地球環境モニタリング」第12回論文集, pp.107-112, (2003)
- 小見野壘, 相馬孝志, 丹波澄雄, 分散型衛星画像コンポジットシステムの開発, 生研フォーラム「宇宙からの地球環境モニタリング」第12回論文集, pp.99-100, (2003)
- 猪股和也, 吉森久, 丹波澄雄, 海面リモートセンシングにおける実海域観測に基づく海面表皮効果の解析, 生研フォーラム「宇宙からの地球環境モニタリング」第12回論文集, pp.81-86, (2003)
- 新居真吏, 池田修己, 清水俊夫, ConPred: コンセンサス膜貫通トポロジー予測システム, 文部科学省 特定領域研究「ゲノム情報科学」公開シンポジウム, 東京, 2003年1月9~10日.
- 池田修己, 清水俊夫, TMPDB: 膜貫通トポロジーデータベース, 文部科学省 特定領域研究「ゲノム情報科学」公開シンポジウム, 東京, 2003年1月9~10日.
- 清水俊夫, トポロジー類似性にもとづく膜貫通タンパク質機能の分類・予測, 「ゲノム」4領域2003年度合同班会議, 福岡, 2003年8月20~22日.
- 井上泰仁, 太田照幸, 清水俊夫, ループの長さでピタリとあたる, 膜貫通タンパク質の機能, 文部科学省特定領域研究「ゲノム」ゲノムひろば, 東京, 2003年11月15~16日.
- 成田明子・水田智史・吉岡良雄, 自己増殖型モデルのシミュレーション専用 LSCにおける動的負荷分散性能の評価, 弘前大学理工学部研究報告, vol.5 No.2, 27-35, 2003.
- 緑川直樹・成田明子・吉岡良雄, 学生実験用CPUの機械語命令の高機能化, 弘前大学理工学部研究報告, vol.6 No.1, 31-42, 2003.

**知能機械システム工学科****【学術論文 (Proceedings等も含む)】**

- Hasegawa, M., Sasagawa, K., Saka, M. and Abé, H., Expression of a Governing Parameter for Electromigration Damage on Metal Line Ends, Proc. of InterPACK '03 (CD-ROM) The Pacific Rim/ASME International Electronic Packaging Technical Conference & Exhibition, ASME, Maui, Hawaii, USA (2003-7-6) InterPack2003-35064, 2003.
- Sasagawa, K., Hasegawa, M., Yoshida, N., Saka, M. and Abé, H., Prediction of Electromigration Failure in Passivated Polycrystalline Line Considering Passivation Thickness, Proc. of InterPACK '03 (CD-ROM) The Pacific Rim/ASME International Electronic Packaging Technical Conference & Exhibition, ASME, Maui, Hawaii, USA (2003-7-6) InterPack2003-35065, 2003.
- 笹川和彦, エレクトロマイグレーション, 日本実験力学会誌「実験力学」, 3(4), 71-72頁, 2003.
- Hasegawa, M., Sasagawa, K., Uno, S. and Saka, M., Derivation of the Film Characteristic Constants Using the Governing Parameter for Electromigration Damage at Metal Line Ends, Proc. of ISMME2003, The International Symposium on Micro-Mechanical Engineering-Heat Transfer, Fluid Dynamics, Reliability and Mechatronics-, JSME, Tsuchiura, Japan (December 1-3, 2003) 433-439, 2003.
- Murakami, A., Katagiri, K., Kasaba, K., Shoji, Y., Noto, K., Teshima, H., Sawamura, M., and Murakami, M., Mechanical properties of Gd123 bulk superconductors at room temperature, Cryogenics, 43, 345-350, 2003.
- Katagiri, K., Murakami, A., Kan, R., Kasaba, K., Noto, K., Muralidhar, M., Sakai, N., and Murakami, M., Effects of Ag content on the mechanical properties of (Nd, Eu, Gd)-Ba-Cu-O bulk superconductors, Physica C, 392-396, 526-530, 2003.
- Murakami, A., Katagiri, K., Kasaba, K., Shoji, Y., Noto, K., Sakai, N., and Murakami, M., Mechanical properties of Sm-Ba-Cu-O bulk superconductors at room temperature, Physica C, 392-396, 557-561, 2003.
- Okudera, T., Murakami, A., Katagiri, K., Kasaba, K., Shoji, Y., Noto, K., Sakai, N., and M. Murakami, Fracture toughness evaluation of YBCO bulk superconductor, Physica C, 392-396, 628-633, 2003.
- Kaneko, T., Iida, K., Yoshioka, J., Sakai, N., Murakami, M., Murakami, A., and Katagiri, K., Mechanical properties of Y-Ba-Cu-O blocks welded by Er-Ba-Cu-O solder, Physica C, 392-396, 673-676, 2003.
- Takahashi, K., Ito, A., Kodou, Y., Konishi, T., and Saito, K., Scale of Sub-surface Layer Circulation Induced by Pulsating Flame Spread over Liquid Fuels, Fourth International Symposium on Scale Modeling, Vol.4, pp.115-124, 2003.
- Inamura, T., and Daikoku, M., Spray Formation from Wall Impingement-Type Atomizer, Proc. ICLASS'2003 (CD-ROM版) 2003.
- Daikoku, M., Furudate, H., Noda, H., and Inamura, T., Effect of Cavitation in the Two-Dimensional Nozzle on Liquid Breakup Process, Proc. ICLASS'2003 (CD-ROM版) 2003.
- Daikoku, M., Furudate, H., Tanno, S., and Inamura, T., Effect of Cavitation in the Cylindrical Nozzle on the Liquid Breakup Process, Proc. ICLASS'2003 (CD-ROM版) 2003.
- Inamura, T., Tamura, H., and Sakamoto, H., Characteristics of Liquid Film and Spray Injected from Swirl Coaxial Injector, Journal of Propulsion and Power, 19, 632-639, 2003.
- Inamura, T., Tsutagawa, T., Cho, S.-J., and Masuya, G., Numerical Simulation on Liquid Jet Behavior Issued into Still Air, Heat Transfer-Asian Research, 32, 141-152, 2003.
- Li, Y., Wang, S., Ding, X., and Abuliti, A., Comparison of calculation method and experiment for venting of gas explosion, J. Petro-Chemical Equipment., 32(1) 6-10, 2003.
- Bi, M., Ding, X., Zhou, Y., Wang, S., and Abuliti, A., Experimental Study on Unconfined Vapor Cloud Explosions, J. Chemical Engineering., 211(1) 90-93, 2003.

- Shen, S., Jia, J., Hao, G., and Abuliti, A., Measurement of the performance of Ni-YSZ/YSZ/LSM solid oxide fuel cell, *J. Thermal Science and Technology*, 2(1) 59-63, 2003.
- You, H., Mao, X., Abuliti, A., and Ding, X., Development of anode reactions using methane in solid oxide fuel cells, *Modern Chemical Industry*, 23, 8-12, 2003.
- Wang, S., Bi, M., Ding, X., Xu, G., and Abuliti, A., Experimental Study on Diffusion Coefficient of Flammable Gas, *J. Petro-Chemical Equipment*, 31(5) 62-65, 2003.
- Yu, J., Ding, X., Zhou, C., Song, Z., Liu, R., Zheng, X., and Abuliti, A., Numerical Simulation of Quenching of Gaseous Flame at High Speed in Tubule, *Theory and Practice of Energetic Materials*, V, 759-764, 2003.
- Yang, G., Abuliti, A., Ding, X., Bi, M., and Li, S., Experimental Studies of the Effect of Hemisphere Barriers on Explosion of Gas Cloud, *Proc. of The 4th Asia-Pacific Conference on Combustion*, 457-459, 2003.
- Yu, J., Abuliti, A., Ding, X., and Song, Z., Experimental Studies on Suppressing Flame and Explosion Wave by Special Mesh Structures, *Proc. of The 4th Asia-Pacific Conference on Combustion*, 460-462, 2003.
- Yu, J., Abuliti, A., Ding, X., and Song, Z., The Quenching of Deflagration Flame in Parallel Narrow Channel, *Proc. of The 5th International Symposium on Coal Combustion*, 47-50, 2003.
- You, H., He, G., Ding, X., Yin, T., and Abuliti, A., State of PEMFC Metal Bipolar Plate Materials, *J. Society for Corrosion and Protection*, 23(6) 375-379, 2003.
- Ishimoto, J., and Kamijo, K., Numerical Analysis of Cavitating Flow of Liquid Helium in a Converging-Diverging Nozzle, *Trans. ASME, Journal of Fluids Engineering*, Vol.125, Issue 5, pp.749-757, 2003.
- 石本淳・上條謙二郎, 水平狭まり - 広がり流路内における液体ヘリウムキャビテーション流れの数値解析, *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.51, No.592, pp.228-235, 2003.
- Ishimoto, J., and Kamijo, K., Numerical Simulation of Cavitating Flow of Liquid Helium in Venturi Channel, *Cryogenics*, Vol.43, No.1, pp.9-17, 2003.
- Ishimoto, J., Onishi, M., Tokumasu, T., and Kamijo, K., Cavitating Flow of Liquid Nitrogen in Horizontal Rectangular Nozzle, *Proceedings of The IMECE'03, 2003 ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition, Washington, D.C., November 16-21, [ in CD-ROM ] 2003.*
- Ishimoto, J., and Kamijo, K., Numerical Prediction of Cavitating Flow of Liquid Helium in a Converging-Diverging Nozzle, *Proceedings of The Fifth International Symposium on Cavitation (CAV2003) Osaka, Japan, [ in CD-ROM ] 2003.*
- Ishimoto, J., Ito, A., Saito, K., and Nayagam, V., Numerical Analysis of Microgravity Methanol Single Droplet Combustion in Homogeneous Flow, *Proc. 4th International Symposium on Scale Modeling (ISSM-IV) Cleveland USA*, pp.241-249, 2003.
- 末永陽介・北野三千雄・柳岡英樹・藤田尚毅, 当量比変動に対するよどみ流予混合火炎の応答, *日本燃焼学会誌*, 第45巻134号, 229-237頁, 2003-11.
- Yanaoka, H., Yoshikawa, H., and Ota, T., Direct Numerical Simulation of Turbulent Separated Flow and Heat Transfer over a Blunt Flat Plate, *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol.125, pp.779-787, 2003-10.
- 末永陽介・北野三千雄・柳岡英樹・藤田尚毅, 周期的濃度変動を伴う混合気流中を伝播する火炎の特性, *日本機械学会論文集*, 69巻685号, B編, 2138-2143頁, 2003-9.
- 飯倉善和・齊藤玄敏, システム補正されたランドサットTM画像の幾何的な精度, *日本リモートセンシング学会誌*, Vol.23, No.3, pp.249-253, 2003.
- 飯倉善和・齊藤玄敏・丹波澄雄, 放射照度の空間的な変動を考慮した衛星画像の地形効果の補正, *日本リモートセンシング学会誌*, Vol.23, No.4, pp.386-392, 2003.
- Saito, H., and Hayashi, K., A Method to Detect Formation Boundary and Permeable Fracture Based on Frequency Domain Stoneley Wave Logs, *Proceedings of 6th SEGJ International Symposium-Imaging Technology-*, pp. 59-64. Tokyo, Japan, 2003.

- 尹祐根・末広尚志・妻木勇一・内山勝, 構造剛性解析に基づく改良型デルタ機構の設計, 日本機械学会論文集(C編) Vol. 69, No. 681, pp.1358-1365, 2003.
- Yoon, W. K., Tsumaki, Y., and Uchiyama, M., Model-Based Robot Teleoperation with Haptic Interface, *Industrial Robot*, Vol.30, No. 6, pp. 584-591, 2003.
- Nenchev, D. N., and Tsumaki, Y., Motion Analysis of a Kinematic Redundant Seven-DOF Manipulator Under the Singularity-Consistent Method, *Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp.2760-2765, 2003.
- Yoon, W. K., Suehiro, T., Tsumaki, Y., and Uchiyama, M., A Compact Modified Delta Parallel Mechanism Design Based on Stiffness Analysis, *Proceedings of the 2003 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*, pp.1262-1267, 2003.
- Tsumaki, Y., Yokohama, M., and Nenchev, D. N., Intra Vehicular Free-Flyer System, *Proceedings of the 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2547-2552, 2003.
- Sekiguchi, A., and Nakamura, Y., Synthesis of Dynamics Based Information Processing System of Robot Using Synchronization in the Coupled Arnold Equations, 2nd International Symposium on Adaptive Motion of Animals and Machines (AMAM2003) SaP-II-2, 2003.
- Shibata, T., Unno, K., and Makino, E., Diamond AFM Probe with Piezoelectric Sensor and Actuator, *Proc. 12th International Conferences on Solid State Sensors, Actuators and Microsystems*, Boston, USA, 500-503, 2003.
- 牧野英司・柴田隆行, 微細加工技術とマイクロマシン, 日本フォトファブ리케이션協会, JPFA NEWS, No.57, 4-7, 2003.
- Jin, Y., Saito, K., Shimada, M., and Ono, T., Using electron cyclotron resonance sputtering in the deposition of ultrathin  $Al_2O_3$  gate dielectrics, *J. Vac. Sci. Technol. B*21(3) PP942-948 (2003)
- Jin, Y., Takahashi, C., and Ono, T., Real-time etching monitor using argon quadrupole mass spectrometry for 100 nm class WSiN gate fabrication, *J. Vac. Sci. Technol. A*21(5) PP1585-1594 (2003)
- 峯田貴, 形状記憶合金の電解エッチングのための電解液, 表面技術, 54巻, 2号, 145-149, 2003.
- 峯田貴・芳賀洋一・江刺正喜, 非平面フォトファブ리케이션による形状記憶合金パイプからのアクチュエータ作製, 電気学会E部門誌, 123巻, 5号, 158-162, 2003.
- Mineta, T., Electrochemical Etching for Micromachining of Corrosion Resistant Alloys, 12th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators (Transducers'03) 1542-1545, 2003.
- 峯田貴, LiCl-エタノール電解液を用いた形状記憶合金のパルス電解エッチング”, 表面技術, vol.54, No.10, 65-69, 2003
- Ohtaki, Y., Susumago, M., Suzuki, A., Sagawa, K., and Inooka, H., Automatic Classification of Ambulatory Movements and Evaluation of Energy Consumptions Utilizing Accelerometers and Barometer, *Proceedings of the 2003 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment*, 145-146, 2003.
- Sagawa, K., Koiwa, K., Susumago, M., and Ohtaki, Y., Estimation of three-dimensional trajectory of toe and direction during level walk utilizing body acceleration, *Proceedings of XVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association and The 7th Joint Conference of Ergonomics Society for Korea/Japan Ergonomics Society*, 2003.
- Sagawa, K., Ohtaki, Y., and Inooka, H., Measurement of 3D trajectory and direction of toe using body mounted sensors, *Proceedings of the 2003 Annual Fall Meeting, Biomedical Engineering Society*, 1.P1.7, 2003.

#### 【学会発表(ポスター発表を含む)】

- 佐藤裕之・宮野尚哉, クリープ曲線構成式的最適選択方法の検討-情報論を考慮して-, 高温材料設計研究会(日本金属学会) 弘前大学(中津軽郡相馬村) 2003年8月7日

- 佐藤裕之・宮野尚哉, 高温変形におけるクリープ構成式の最適選択に関する情報論的検討, “Statistical and information theoretic decision about mechanical models of high temperature creep”, 電気学会・C部門大会, 秋田大学(秋田市) 2003年8月30日
- 佐藤裕之・宮野尚哉, Mg-Al合金における加速クリープの構成式の選択方法の検討, 第133回日本金属学会秋季大会, 北海道大学(札幌市) 2003年10月13日
- 佐藤裕之・青葉尚起・内山圭, 固溶強化型Mg合金の加速クリープ挙動の定式化, 第2回日本金属学会東北支部大会, 弘前大学理工学部(弘前市) 2003年11月15日
- 笹川和彦・長谷川昌孝・坂 真澄・阿部博之, 半導体集積回路における微細金属薄膜配線の断線故障予測, 日本機械学会材料力学部門2003年春のシンポジウム講演論文集, 東京/東京工業大学(2003-3/28-29) No.03-06, 7-10頁, 2003.
- 長谷川昌孝・笹川和彦・坂 真澄, 配線端部におけるエレクトロマイグレーション損傷の支配パラメータ, 日本機械学会2003年度年次大会講演論文集, Vol. VI, No. 03-1, 徳島/徳島大学(2003-8/5-8) 239-240頁, 2003.
- 笹川和彦・長谷川昌孝・坂 真澄, 保護膜の厚さを考慮した保護膜被覆多結晶配線の断線故障予測, M & M 2003日本機械学会材料力学部門講演会講演論文集, No. 03-11, 富山/富山大学(2003-9/24-26) 609-610頁, 2003.
- 笹川和彦・吉田由季・阿保萩子・宮田 寛・石橋恭之・須藤新一, 豚膝半月板の弾性係数の測定, M & M 2003日本機械学会材料力学部門講演会講演論文集, No. 03-11, 富山/富山大学(2003-9/24-26) 639-640頁, 2003.
- 笹川和彦・長谷川昌孝・吉田直樹・坂 真澄, 保護膜厚さを考慮した集積回路配線の断線故障予測法, 日本材料学会第11回破壊力学シンポジウム講演論文集, 大津/K K Rびわこ(2003-10/2-3) 127-132頁, 2003.
- 長谷川昌孝・笹川和彦・渡邊祥達・宇野茂雄・坂 真澄, 配線端部におけるエレクトロマイグレーション損傷支配パラメータを用いた配線物性値の導出, 日本機械学会第16回計算力学講演会講演論文集, No. 03-02, 神戸/神戸大学(2003-11/22-24) 665-666頁, 2003.
- 長谷川昌孝・笹川和彦・宇野茂雄・坂 真澄, 配線端部のドリフト速度計測に基づいた金属薄膜配線物性値の導出, 日本金属学会第2回東北支部大会講演論文集, 弘前/弘前大学(2003-11/15) 10-11頁, 2003.
- 村上明・片桐一宗・笠場孝一・正路良孝・能登宏七・手嶋英一・澤村充・村上雅人, Gd123バルク超電導体の液体窒素温度における機械的特性, 第68回2003年度春季低温工学・超電導学会, 産業技術総合研究所つくばセンター, 2003年5月21日.
- 片桐一宗・村上明・奥寺太一・吉野泰弘・岩淵明・能登宏七・村上雅人, YおよびSm123バルク超電導体の破壊靱性評価, 第68回2003年度春季低温工学・超電導学会, 産業技術総合研究所つくばセンター, 2003年5月21日.
- 片桐一宗・菅隆司・村上明・笠場孝一・正路良孝・能登宏七・村上雅人, 室温圧縮負荷によるSm123バルク超電導体の変形・破壊挙動, 第68回2003年度春季低温工学・超電導学会, 産業技術総合研究所つくばセンター, 2003年5月22日.
- Murakami, A., Katagiri, K., Kasaba, K., Shoji, Y., Noto, K., Teshima, H., Sawamura, M., and Murakami, M., Mechanical properties of Gd123 bulk superconductor at liquid nitrogen temperature, The 18<sup>th</sup> International Conference on Magnet Technology, Hotel Metropolitan Morioka, October 21, 2003.
- Katagiri, K., Murakami, A., Okudera, T., Yoshino, Y., Iwabuchi, A., Noto, K., Sakai, N., and Murakami, M., Fracture toughness of Sm123 bulk superconductors evaluated by tensile and bending tests, The 18<sup>th</sup> International Conference on Magnet Technology, Hotel Metropolitan Morioka, October 21, 2003.
- Kan, R., Katagiri, K., Murakami, A., Kasaba, K., Shoji, Y., Noto, K., Sakai, N., and Murakami, M., Deformation and fracture behavior of Sm123 bulk superconductors by compressive loading at room temperature, The 18<sup>th</sup> International Conference on Magnet Technology, Hotel Metropolitan Morioka, October 23, 2003.

- Murakami, A., Katagiri, K., Kasaba, K., Noto, K., Teshima, H., Sawamura, M., Sakai, N., and Murakami, M., Low temperature mechanical properties of Y123 bulk superconductor fabricated by the modified QMG process, 16<sup>th</sup> International Symposium on Superconductivity, Tsukuba International Congress Center, October 28, 2003.
- Katagiri, K., Murakami, A., Shoji, Y., Teshima, H., Sawamura, M., Iwamoto, A., Mito, T., and Murakami, M., Tensile and bending mechanical properties of bulk superconductors at room temperature, 16<sup>th</sup> International Symposium on Superconductivity, Tsukuba International Congress Center, October 28, 2003.
- 村上明・片桐一宗・笠場孝一・正路良孝・手嶋英一・澤村充・村上雅人, 改良型QMG法によるYおよびGd123バルク超電導体の機械的特性, 2003年度日本金属学会東北支部大会研究発表会, 弘前大学工学部, 2003年11月15日.
- 富田健夫・宮崎和宏・服部昭人・田村洋・熊川彰長・渥美正博・稲田満・稲村隆夫, LE5Bエンジンの低周波燃焼圧変動の原因究明, 第43回航空原動機・宇宙推進講演会, 東京大学工学部, 2003年1月30日.
- 佐藤史教・新野敦史・柳岡英樹・稲村隆夫・大黒正敏, 矩形流路内で発生したキャビテーションの特性に関する研究, 第12回微粒化シンポジウム講演論文集, 東京, 285-289頁, 2003年12月18-20日.
- 末永陽介・北野三千雄・柳岡英樹・藤田尚毅, 当量比変動に対するよどみ流火炎の応答, 第41回燃焼シンポジウム講演論文集, つくば, 203-204頁, 2003年12月3-5日.
- 柳岡英樹・稲村隆夫・小林励理, 突起物まわりのはく離流れと乱流遷移に関するラージ・エディ・シミュレーション, 日本機械学会第16回計算力学講演会講演論文集, 神戸, 241-242頁, 2003年11月22-24日.
- 川辺さつき・柳岡英樹・稲村隆夫, 層流境界層中の突起物により生成されるヘアピン渦に関する数値解析, 日本機械学会第16回計算力学講演会講演論文集, 神戸, 239-240頁, 2003年11月22-24日.
- 皆川正仁・福田幾夫・船越中央・山崎純一・福井康三・柳岡英樹・稲村隆夫, 体外循環中の胸部大動脈内における血流解析: 送血管の違いによる血流の特徴について, 第138回弘前医学会例会, 弘前大学医学部, 2003年11月14日.
- 皆川正仁・福田幾夫・船越中央・山崎純一・板谷博幸・久我俊彦・一関一行・福井康三・高谷俊一・柳岡英樹・稲村隆夫, 体外循環中の胸部大動脈内における血流の可視化に関する研究, 第44回日本脈管学会総会予稿集, 福岡, 2003年11月6-8日(脈管学, Vol.43, No.9, 490頁).
- 工藤祐嗣・佐久間哲志・伊藤昭彦, 赤外線吸収を利用した燃料蒸気濃度分布測定, 平成15年度日本火災学会研究発表会概要集, 東京理科大学森戸記念館, pp.170-173, 2003年5月22-23日.
- 高橋梢・福田真弓・工藤祐嗣・伊藤昭彦, 液体燃料表面上の燃え拡がりに及ぼす液体層内渦のスケール効果, 第41回燃焼シンポジウム講演論文集, エポカルつくば, pp.229-230, 2003年12月3-5日.
- 工藤祐嗣・伊藤昭彦, マグネシウム粉堆積層に沿った燃え拡がりの火炎形状と流れ場測定, 第41回燃焼シンポジウム講演論文集, エポカルつくば, pp.507-508, 2003年12月3-5日.
- 福田真弓・工藤祐嗣・伊藤昭彦, ウォーターミストによる火災基部構造変化と消炎機構, 第41回燃焼シンポジウム講演論文集, エポカルつくば, pp.137-138, 2003年12月3-5日.
- 飯倉善和・齊藤玄敏, システム補正されたランドサットTM画像の幾何的な精度, 日本リモートセンシング学会第34回学術講演会論文集, pp.81-84, 2003.5
- Ikura, Y., and Saito, H., Precise correction of satellite images over rugged terrain using digital elevation model, Proceedings of the 25th Symposium on Remote Sensing for Environmental Science (2003) pp.41-49.
- D. N. ネンチェフ・妻木勇一・佐藤雅樹・関口暁宣, 特異点適合法による7自由度マニピュレータPA-10の制御, 日本機械学会 [No.03-4] ロボティクス・メカトロニクス講演会'03講演論文集, 1A1-3F-A4, 2003.
- 杉沼麻美・D.N. ネンチェフ・妻木勇一・関口暁宣・花田勝美, スキンケアロボットの提案, 日本機械学会 [No.03-4] ロボティクス・メカトロニクス講演会'03講演論文集, 1P1-2F-C3, 2003.
- 伊祐根・末広尚士・妻木勇一・内山勝, 剛性解析に基づく小型改良型デルタ機構の設計, 日本機械学会 [No.03-4] ロボティクス・メカトロニクス講演会'03講演論文集, 2A1-3F-E8, 2003.

- 妻木勇一・佐藤雅樹・D. N. Nenchev, 拡張ヤコビ行列を用いたSC法による冗長マニピュレータの制御, 日本機械学会 [ No.03-4 ] ロボティクス・メカトロニクス講演会'03講演論文集, 2A2-2F-G3, 2003.
- 妻木勇一・菅原康人・葛西昭治・藤田雄太郎, ウェアラブルテレコミュニケーターの操作インタフェース, 日本バーチャルリアリティ学会第8回大会論文集, 2B1-4, 2003.
- 妻木勇一・佐瀬康弘・横浜真誠・駒井稔久・葛西昭治, D. N. Nenchev, IVFFSの地上実験システム, 第47回宇宙科学技術連合講演会講演集, pp. 1524-1525, 2003.
- 妻木勇一・佐藤拓也, テレイグジスタンス用能動ディスプレイの開発, 計測自動制御学会東北支部第213回研究集会, 213-8, 2003.
- 佐瀬康弘・横浜真誠・駒井稔久・葛西昭治・妻木勇一・D. N. Nenchev, 船内フリーフライヤーの地上実験システムの開発, 計測自動制御学会東北支部第213回研究集会, 213-13, 2003.
- Nenchev, D. N., Tsumaki, Y., and Sekiguchi, A., Motion Feedback Control at a Singular Configuration, 第4回システムインテグレーション部門学術講演会( SI2003 )講演論文集, pp. 508-509, 2003.
- 関口暁宣・跡部 有希・亀田 幸季・妻木勇一・D. N. Nenchev, 特異点適合法によるヒューマノイドロボットの動作生成に関する考察, 日本ロボット学会第21回学術講演会, 東京工業大学, 2003年9月20-22日.
- 安部 稔・久保 悠・牧野英司・峯田 貴・柴田隆行, 回転フラッシュ真空蒸着によるアクチュエータ用形状記憶合金薄膜チューブの形成( D84 ) 精密工学会2003年度秋期大会学術講演会( 富山大学 )講演論文集 p.190, 2003年10月4日.
- 高田健央・牧野英司, 微細砥粒を用いたウエットブラッシングによる金属のパターニング( I77 ) 精密工学会2003年度秋期大会学術講演会( 富山大学 )講演論文集 p.413, 2003年10月4日.
- 能田高行・柴田隆行・林 照剛・増澤 徹・牧野英司, 液晶アクティブマスクを用いたDNAチップ合成システムの開発, 日本機械学会関東支部茨城講演会, 2003年9月19日.
- 久保 悠・安部 稔・牧野英司・峯田 貴・柴田隆行, 回転フラッシュ真空蒸着による形状記憶合金スタントの形成, 2003年度日本金属学会東北支部大会研究発表会講演論文集, p.13, 2003年11月15日.
- 小野俊郎・齋藤國夫・神好人・嶋田勝・天澤敬生, ECRスパッタによるMIMキャパシタ用Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜の評価, 応物学術講演会( 秋季 ) 福岡大学, 2003年10月2日.
- 神好人・嶋田勝・小野俊郎, 新膜厚分光モニタ法によるWDM光通信用誘電体多層膜形成, 応物学術講演会( 秋季 ) 福岡大学, 2003年10月1日.
- 峯田貴・丹野裕司, Ni基およびFe基耐食合金の電解エッチングによる微細加工, 表面技術協会, 工学院大学, 2003年3月21日
- 柿崎幸博・指田孝男・峯田貴・丹野裕司, 熱電材料蒸着膜の組成分布とマイクロサーモパイルの特性, 表面技術協会, 工学院大学, 2003年3月21日
- 六鎗雄太・芳賀洋一・峯田貴・江刺正喜, 流体吸引型能動マイクロカテーテル及びガイドワイヤー, 日本エム・イー学会, 札幌コンベンションセンター, 2003年6月4日
- 峯田貴, NiTi等の難加工合金の電解エッチングによる微細加工, 表面技術協会東北支部, 仙台サンプラザ, 2003年10月29日
- 木村織恵・佐川貢一, 頭部筋電位を利用した倒立振り子シミュレータ, ロボティクス・メカトロニクス講演会'03 講演論文集, 1P1-3F-D8, 2003.
- 内藤隆広・河村真哉・佐川貢一・角濱春美, ストレッチャー搬送時の方向転換法と乗り心地の関係, ロボティクス・メカトロニクス講演会'03 講演論文集, 1P1-3F-E2, 2003.
- 佐川貢一・大瀧保明・猪岡光, 加速度積分による爪先軌道と方向の3次元計測, 第42回日本エム・イー学会大会論文集, 229頁, 2003.
- 佐川貢一・角濱春美・長谷川恵子, ストレッチャー移送時の方向転換法と乗り心地の関連性の基礎的研究, 日本看護技術学会第2回学術集会講演抄録集, 38頁, 2003.

**【主催した学会および研究集会(特別セッションのコンピーナを含む)】**

- 佐藤裕之, 高温材料設計研究会( 日本金属学会 )2003年8月6~8日, 弘前大学( 中津軽郡相馬村 )
- 古屋泰文・岡崎禎子・佐藤裕之, 第2回日本金属学会東北支部大会 2003年11月15日, 弘前大学( 弘前市 )
- 稲村隆夫, 「産学官連携に関する講演会」, 稲村隆夫主催, 弘前大学地域共同研究センター, 2003年9月16日.

稲村隆夫,「秋季伝熱セミナー」,日本伝熱学会東北支部主催,弘前大学理工学部,2003年10月4日.

#### 【特許】

小野俊郎, X線マスクおよびその製造方法, 日本, 特許第3391699, 2003年1月24日.

小野俊郎, 電磁波導波管およびその結合構造, 日本, 特許第3398666, 2003年2月14日.

小野俊郎, 低ガス圧プラズマエッチング方法, 日本, 特許第3399494, 2003年2月21日.

峯田貴・小林誠也・渡部善幸・三井俊明・江刺正喜・芳賀洋一, 形状記憶合金極薄板の加工方法, 日本, 特許3491886, 2003年11月14日.

#### 【その他(受賞, 研究成果報告書, 一般招待講演等)】

石本 淳, インテリジェントコスモス奨励賞, 2003年5月.

石本 淳, 日本混相流学会論文賞, 2003年7月.

笹川和彦・須藤新一・石橋恭之・宮田 寛, 損傷膝半月板置換のための人工半月板開発の基礎研究, 平成14年度青森県産学官共同研究推進事業(シーズ熟成事業)研究成果報告書, 20頁, 2003.

稲村隆夫, 壁面噴流衝突式微粒化における噴霧生成, 日本機械学会RC203微粒化におけるデータベースに関する調査研究分科会研究報告書(中間) 65-69, 2003.

稲村隆夫, 液体微粒化の基礎, 日本機械学会RC203微粒化におけるデータベースに関する調査研究分科会研究報告書(中間) 128-151, 2003.

笹川和彦, 電子デバイス信頼性確保のための微細配線の断線故障予測法の開発, 秋田県内の工学系研究機関による研究紹介/東北地方の高専・大学の研究紹介と交流会(秋田編) 秋田大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー(秋田市) 2003年11月7日.

石本 淳, 極低温流体混相流の新展開, 第16回東北混相流研究会, 東北大学流体科学研究所(仙台市) 2003年6月16日.

牧野英司, ナノテクワールドの楽しみ, 主催: 弘前市立中央公民館, 現代セミナーひろさき「未来を支える科学技術」(弘前文化センター) 2003年6月26日.

牧野英司, 微細加工による医用マイクロデバイスの開発, 主催:(財)21あおり産業総合支援センター, 産学連携推進会議「もの作りフォーラムin八戸」(八戸プラザホテル) 2003年7月19日.

牧野英司, 工学の最前線・ナノテクノロジー, 八戸県民カレッジ(八戸市公会堂) 2003年10月24日.

小野俊郎, ECRスパッタ成膜技術の動向, 長野県テクノ財団ODA研究会, 2003年9月19日.