

11. 受託試験研究

防衛庁設置法（昭和29年法律第164号）第30条第3項に「技術研究本部は事務に支障のない場合においては、委託により、その事務に関連する技術的調査研究、設計、試作及び試験をすることができる」と定められている

その細部については、防衛庁技術研究本部受託試験研究規則（昭和33年総理府令第28号）、防衛庁訓令第9号（昭和34年3月18日）及び技術研究本部達第5号（昭和34年9月19日）に基づき実施するものであって、申請の内容を審査の上、次の基準に適合し、実施するのが至当であり、かつ可能の場合、これを受託することとした。

- (1) 装備品等の調達に当たり、仕様書に技術における試験又は校正を必要とする旨記載があった場合（原則として受託する）
- (2) 試験に使用する設備、機械が技本以外の他の官公庁、民間業者その他にないこと等のた

め、技本以外では実施し得ないか、実施が困難と認められ、かつ、次のいずれかに適合する場合（受託することができる）

- ア 受託試験研究の内容が、技本における研究開発の参考又は一助となる場合
- イ 受託試験研究の内容が、装備品等の改良、品質の向上に資すると考えられる場合
- ウ 受託試験研究の内容が、装備品等の維持費の節減又は能率向上に資すると考えられる場合

実施内容は概ね

- ア 航空機の国産化に伴う認定試験
- イ 定型的試験
- ウ その他の試験研究

であって、委託者の要望に十分答え又は国内技術レベルの向上に貢献している。

受託試験研究実施実績表

年 度	件 名	件 数
34年度	ヘルメットライナーの性能試験 外	10件
35年度	航空機用計器（真空計）の耐かび性能試験 外	14件
36年度	落下さん布の耐かび試験 外	12件
37年度	燃料タンクの低温試験 外	35件
38年度	F-104用高度計のかび試験 外	60件
39年度	無線機の砂じん試験 外	53件
40年度	救難信号セットの振動及び熱衝撃試験 外	74件
41年度	ブルドーザ重心位置測定 外	53件
42年度	無線機J/ARC-6の温度高度試験及び振動試験 外	34件
43年度	標準用P-1及びP-2型送受波器感度校正 外	50件
44年度	XC-1用エアダクトのかび試験 外	26件

年 度	件 名	件 数
45年度	サムバッファ装置低温試験 外	26件
46年度	救難機型水陸両用飛行艇の水槽試験 外	54件
47年度	C-1用ポテンショメータの衝撃試験及び塩水噴霧試験 外	21件
48年度	ホーク誘導弾用EPU燃料の振動及び衝撃試験 外	26件
49年度	救難飛行艇の部分構造試験 外	24件
50年度	4ZF機関低温始動試験 外	11件
51年度	PS-1及びUS-1型航空機の水槽試験 外	7件
52年度	高速艇の水槽試験 外	8件
53年度	PS-1型航空機搭載用データレコーダー環境試験 外	8件
54年度	航空機用アクチュエータの耐爆試験 外	14件
55年度	航空機用ギヤボックスの加速度試験 外	11件
56年度	80式空対艦誘導弾慣性装置コンピュータ部加速度試験 外	12件
57年度	標準用8104型送受波器の感度校正 外	4件
58年度	標準用P-11型送受波器の感度校正 外	8件
59年度	標準用8104型送受波器の感度校正 外	4件
60年度	F-15機外燃料タンク用コンテナの振動試験 外	2件
61年度	柔飛翔体の鉄筋コンクリート板への衝突実験 外	7件
62年度	P-3C用機器NQA-1079Aの部品の国産化に伴う特殊試験 外	4件
63年度	試験用ハイドロホンの感度校正 外	6件
元年度	通信用端末の環境試験	1件
2年度		0件
3年度	航空衛星通信用アンテナシステムの環境試験 外	5件
4年度	標準用8104型送受波器の感度校正 外	5件
5年度	試験用ハイドロホンの感度校正 外	7件
6年度	1100KVガス絶縁開閉装置の高温・低温試験 外	5件
7年度	ミサイル艇の抵抗試験 外	6件
8年度	標準用8104型送受波器の感度校正 外	3件
9年度	365KW(500PS)級静油圧式変速操向機の性能試験 外	5件
10年度	試験用送受波器の感度校正 外	3件
11年度	標準用送受波器の感度校正 外	3件
12年度	成層圏プラットフォーム(SPF)水槽試験	1件
13年度	成層圏プラットフォーム(SPF)推進器付水槽試験 外	3件
14年度	試験用送受波器の感度校正 外	3件

12 防衛技術研究開発の動向

現代の軍事力は、それを支える兵器技術の急速な進歩により、技術力が抑止力であると言われ、防衛力そのものであるとも言われるほどに技術力に依存するようになってきた。このようにして、装備技術は益々運用との相互作用を強めている。そのような状況下で冷戦の終焉による小規模紛争の多発化に対処するための国連等による多国籍軍事活動の増加、湾岸戦争における先端兵器の威力の実証、米国における同時多発テロに端を発したアフガニスタンでの対テロ戦争にて注目を浴びた UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 等新兵器の活躍などは今後の国防技術研究開発の動向に大きく影響を及ぼしている。以上のような観点で、最近の防衛技術研究開発の動向の特徴を抽出すると次のようになる。

- 1 国連等の多国籍軍事活動のために、緊急展開用航空機等の輸送能力向上及び展開地域での作戦用兵器の精密誘導能力、夜間攻撃性、打ち放し性等の向上が求められている。
- 1 ハイテク技術と言われるものの第3世界への流出が進み、特に弾道ミサイルの脅威は現実的なものとなり、防衛のため BMD (Ballistic Missile Defense) 技術が注目を浴びている。
- 3 先進国の兵員減少に対処する省人化のための技術及び地雷や機雷等の処分または、偵察等の危険な任務を無人化するためにロボット技術等が求められている。
- 4 攻撃兵器の能力向上に対応し、被探知性能向上のため、引き続きステルス性の向上が求められている。併せて、残存性の向上のための装甲技術等も必要とされている。
- 5 先進諸国の軍事費削減による経済的な事情及

びセンサ等の電子部分のシステム全体に占める重要性が増したことから、既存の兵器の部分改良による性能の向上が図られている。

- 6 前項と同様な経済的理由から、特に技術水準、国情等が似通っている欧州等では国際的な共同研究開発が益々盛んになっている。
- 7 システムが高度化かつ複雑化し、大掛かりになると共に、初期計画段階、試験評価段階等を始めコンピュータを用いたシミュレーションが一層活用されると共に、実機規模ではないと評価できないものには実験機や実証機が種々の分野で用いられている。
- 8 M&S (Modeling & Simulation) 技術の活用によって装備システムのコンセプト立案段階から、研究開発、運用研究、訓練サポートまでを効率化する方向に向かっている。
- 9 陸海空装備システムの統合運用のための中核となるネットワーク技術の進展により、戦闘ドクトリンそのものが変わりつつあり、米軍は組織変革にまで進みつつある。

以下に各技術分類毎に主要なものについて述べる。

(1) 航空機関連技術

軍用航空機に要求される仕様は、任務の多様化にともない、複雑化の一途をたどっており、開発期間の長期化、開発経費及び取得経費の増大が問題となっている。一方、冷戦の終結と経済不振とにより、各国は国防費の削減に直面している。好景気に沸く米国でも、国防費の大幅増大は考えられない。世界的に見て、研究開発費に対する抑制傾向は顕著ではないものの、新規の航空機開発のペースは

低下傾向にあると言わざるを得ない。開発コストの低減は、各国の急務となっているが、その方策の一つが国際共同開発である。ヨーロッパではこれは既に当然のこととなっており、戦闘機では飛行試験が開始された ユーロファイター・タイフーン、攻撃ヘリコプタでは HAC/PAH-2 タイガー 等が挙げられる。

一方、米国においては、軍用航空機メーカーがボーイング及びロッキード・マーティンの2社に集約されてしまったため、国内開発も共同開発の色彩を帯びているようであるが、同盟国とのリスク／コスト・シェアリングの考え方も強い。現在開発中の JSF (Joint Strike Fighter) でも、英海軍向けの機体開発が最初から組み込まれており、現在でも NATO 各国に参入を呼びかけている状況である。

新規の航空機開発が抑制傾向にあるとはいえ、世代交代は進みつつある。注目されるのは、米国の F-22 及び JSF 計画である。前者は超音速巡航に加えてステルス性と高運動性の両立を実用機で実現したもので、飛行試験を実施中、後者は米空・海軍・海兵隊・英海軍の多様な任務要求を満たすべく、機体規模でモジュラー構成をとろうとしているもので、ボーイング(X-32)及びロッキード・マーティン(X-35)の2社が競争開発を行っていたが、2001年10月末にロッキード・マーティン社が開発担当メーカーとして選定された。機体は F-35 と命名されたが、機体には CTOL (通常離着陸: Conventional Take Off and Landing)、STOVL (短距離離陸垂直着陸: Short Take Off and Vertical Landing) 及び CV (艦載: Carrier Variant) の3つのタイプがある。

固定翼機では、F-22 や露国の MiG-1.44

のような高速性＋ステルス性＋高運動性の追求から、大気圏外まで足を伸ばした極超音速機の研究まで行われているが、回転翼機も高速化の研究がトレンドである。新技術としては、ロータ・ブレードの空力改善(前進側ブレードの衝撃失速対策、後退側ブレードの低速失速対策等)、二重反転ロータの採用等が実施されているが、今後さらに高速を実現するためには、固定翼とのハイブリッド化(ティルト・ロータ／ウィング、カナード・ロータ翼等)が考えられる。

国防計画の先行きが不明確な分、どんな要求にも対応できるような先進的な技術基盤を維持することが要求されているが、特に、システム・インテグレーション技術については、実際の機体開発の機会がないと育成維持が困難である。また、革新的な技術を適用する場合、その運用効果をデモンストレータを用いて実証する必要がある。航空機におけるそうした技術実証機の例は、前進翼機 X-29、米独共同研究の大迎角実験機 X-31、前出 JSF のコンセプト・デモンストレータ X-32 及び X-35、1996 年に公開された無尾翼ステルス研究機 X-36 等であり、現有戦闘機の改善による寿命延長を視野に入れた米国の長期的な取り組みが見てとれる。これらの中でも、既存部品の多用や無人の縮小モデルの利用等、コスト削減努力がなされている。我が国でも、新中期防で「実証的研究」の推進がうたわれたが、今後どのような形で航空機としてまとまっていくかが注目される。

風洞については、1機種種の航空機の開発に要する風洞試験時間は現在も増加する傾向にあり、将来的にはさらなるデータの質・生産性の向上が求められる。これに伴い近年、大規模な風洞設備の建設が各国で行われている。1993年には4ヶ国共同出資による ETW

(欧州遷音速風洞：European Transonic Wind Tunnel) が建設される等、欧州において風洞設備の建設が活発であり、米国では NWTC (National Wind Tunnel Complex) と呼ばれる風洞を新設しようという計画が進行中である。また、近年のコンピュータ技術の進歩によって、CFD (Computational Fluid Dynamics：数値流体力学) と呼ばれる数値シミュレーションを用いることがより効率的となってきた。今や風洞試験の一部分を代替したり風洞試験が困難な現象の解析に使われたり、その応用範囲を拡大しつつあり、空力上の不具合の探求や小規模な機体改修であれば、CFD だけで十分対応できるところまできた。

特に無人機は、湾岸戦争以後のボスニア紛争、コソボ紛争から注目されていたが、アフガニスタンでの対テロ戦争においては、ミサイルを搭載し、目標に対して即時対処可能な UAV、Predator と高高度からの偵察活動が可能な滞空型 UAV、Global Hawk の活躍はめざましいものであった。現在、各国において各種無人機の研究開発が盛んに行われており、近年は、SEAD (Suppression of Enemy Air Defense：敵防空能力制圧) ミッションを想定した X-45 無人攻撃機 (UCAV) の研究開発が進められている。

航空機用エンジンについては、ジェットエンジンの性能向上プログラムとして米国が公表して進めている IHPTET (Integrated High Performance Turbine Engine Technology：統合高性能タービンエンジン技術) 計画がある。この計画は、戦闘機用ターボファン/ジェットエンジンのみならず、ターボプロップ/シャフトエンジン、ミサイル/UAV 用エンジン及び民間航空用エンジンも含めた航空原動機全般の技術の革新を図る

目的で陸海空軍、NASA、DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) の 3 つの国家機関と民間社を中心として、推進システムの能力を倍増することを目標とした総合プログラムであり、87年から開始されている。また、大型機用エンジンに関して、欧米ではファミリー化の手法を用いて、エンジン開発に要する期間の短縮、経費の削減等を図っている例が見られる。米国では F/A-18 戦闘攻撃機用の F404 エンジンのコア部を基本に小型民間機用 CF34-3A ファンエンジンが開発され、さらに F404 の性能向上型である F414 エンジンのコア部を利用した CF34-8C ファンエンジンが開発された。

操縦性については、高機動性 (PSM：Post Stall Maneuver) の研究が各国で進められている。米空軍の MATV と ACTIVE プログラム、NASA の HARV と X-31 プログラムの 4 つは並行して実施されてきたが、米空軍の MATV と ACTIVE プログラムでは多軸推力偏向ノズルによる飛行試験が行われている。多軸推力偏向ノズルは GE 社の AVEN (Axisymmetric Vectoring Exhaust Nozzle) と P&W 社の PYBBN (Pitch Yaw Balanced Beam Nozzle) が用いられたが、いずれも全方向への推力偏向が可能であり、飛行試験においてその有効性は実証済みである。さらに運用に向けての研究が進められている。

(2) 誘導武器関連技術

旧ソ連のスカッドや中国の CSS 等のミサイル技術の拡散により、弾道ミサイル保有国が増加する傾向にある。こうした弾道ミサイルの脅威に対処するため、米国を中心として、対戦術弾道ミサイルシステムが研究開発されている。高速で飛しょうしてく

る弾道ミサイルを破壊するためには、迎撃ミサイル側は高速信号処理、俊敏な機体応答特性及び直撃破壊するための高い誘導精度が求められる。さらに、遠距離において迅速に相手を検索・探知する必要性から、複数のセンサ情報を融合するためのシステムも求められるであろう。敵の反撃距離が遠から、目標を精密に攻撃できるミサイルの開発はますます重要になってくると考えられる。

構成技術の動向としては、慣性誘導装置には小型軽量の光ファイバジャイロが多用されるようになった。長射程の地対空ミサイルに関しては、ミサイル自身で目標を補足可能な位置まで、正確にミサイルを誘導する必要から、地上装置とミサイルとのデータリンクが重要視される。広範囲な防御エリアを設定するためには、各種センサからの情報を有効にかつ迅速に処理し、ミサイルの割当や、射撃・誘導までを行わなければならない、指揮・統制・通信・情報システムがますます重要になる。終末誘導技術に関しては、電波誘導方式の周波数帯域は、高い誘導精度の必要性から、研究分野は Ka 帯以上のミリ波領域へ移行している。対空ミサイル用のシーカは大出力が可能な Ka (35G Hz) 帯が用いられ、対地ミサイル用のシーカには、出力が小さいが高分解能の W (94G Hz) 帯が用いられるであろう。現在ペトリオットの PAC-3 は、Ka 帯のミリ波シーカを搭載している。従来、ミサイル用のシーカは進行波管等の真空管により構成されていたが、技術の進展により、ミリ波を使用したシーカも半導体化され、フェイズドアレイ方式のミサイルシーカが主流となりつつある。赤外線誘導方式では赤外線

画像誘導が主流となる。飛しょう速度の速い戦術弾道ミサイルを迎撃するためには、画像走査及び画像処理の高速性が要求され、高価格ではあるが機能・性能に優れた赤外線検知システムが採用されるであろう。高層で戦術弾道ミサイルを迎撃する米国の THAAD や LEAP は赤外線検知デバイスを搭載し、高速の画像処理を実行すると言われている。これに対し、対戦車用ミサイルでは、デバイス自身の性能は劣るものの、冷却システムが不要なことからコストダウンの可能な、非冷却型の赤外線検知デバイスが使用されつつある。

機体関連技術については、米国の F-22 のように超音速で巡航可能な戦闘機が出現したため、搭載するミサイルは空気抵抗の減少要求から、機体内に格納される。したがって、翼は小型化し、ボディリフトを活用するための非対称胴体が採用される可能性がある。また、軽量化及びステルス化を促進するために、樹脂系複合材が多用されるであろう。

機体制御技術については、従来の空力操舵に加えてサイドスラスト及び TVC (Thrust Vector Control: 推力偏向制御) 技術が重要になり、各国のミサイルでこれらの技術が確立されてきた。垂直発射方式のミサイルや、短射程空対空ミサイル等、発射直後の低速時に機体の急激な姿勢制御の必要があるものは TVC 技術が使われる傾向に有る。また、空力操舵が不可能な空気密度の低い高空で急激な機体方向の変更の必要が生じる、戦術弾道ミサイル迎撃用のミサイル等はサイドスラストや多段ロケットモータと併用した TVC 技術が今後の有効な技術である。

推進技術については、エアーブリージングエンジンの研究開発が進展するであろう。なかでも、長距離の高速飛しょうが可能な、ラムジェットエンジンやロケットラムエンジンが対艦ミサイル用に採用されるであろう。この技術分野では仏国が特に熱心に研究開発を進めている。自立誘導技術については、スタンドオフディスペンサーと呼ばれる敵の勢力圏外から攻撃可能な精密自律誘導兵器が重要視されるであろう。スタンドオフディスペンサーは、親ミサイルが複数の子弾を搭載し長距離を飛しょうし、目標地域上空で子弾を散布する。米国の各種スタンドオフディスペンサーや仏国の APACHE がある。

ミサイルの研究開発手法としてのシミュレーション技術は、計算機の進歩と相まって、今後ますます発展する。現在はミサイル単体のシミュレーションではなく、ミサイルシステムが高度化、複雑化するに伴って、ミサイルシステムの地上装置、母機等も含んだシミュレーションが可能となってきた。そうした設備は今後、ミサイルの高性能化に伴って充実していく必要がある。ネットワークで接続されたシステムに対して、目標の搜索、探知からミサイル発射、誘導、目標撃破に至る一連のプロセスをさまざまなシナリオでシミュレーションすることが可能となり、システム性能を試験評価、さらにミサイル性能の向上へと重要な役割を果たしている。

(3) 火器・弾薬関連技術

小銃及び同弾薬に関しては、現在、諸外国では口径5.56mm が主流であり、今後は小銃の小型軽量化、及び弾丸の空力特性の改善、鋼心材料の挿入、発射薬の改善等により弾丸

威力の向上が図られるであろう。また、小銃の中でも、次世代個人戦闘火器（OICW：Objective Individual Combat Weapon）は、口径5.56mm、20mm でき弾、レーザ測遠機、弾道計算機、直視照準眼鏡等からなる FCS を統合したシステムが米国において開発中であるが、重量増が予想され、今後は軽量化へ向けて努力が必要であろう。

機関砲に関しては、現状では小口径（20～40mm）のものが主流であり、中口径（40～90mm）のものは艦載砲で一部使用されている。将来は収納効率の向上、高発射速度化及び高初速化等を図るために、テレスコープ弾を用いた機関砲が実現するであろう。

戦車砲に関しては、現状では120mm 滑腔砲が主流であるが、戦闘車両の軽量等によりこの傾向は続くと思われる。

野戦砲に関しては、現状では口径155mm が主流であるが、砲弾に搭載された GPS を用い飛しょう中の弾丸座標を求め抵抗翼を展開し、弾道を修正し弾着密度を向上させる弾薬システムが国内外において研究中である。

砲兵用ロケットは、多連装の MLRS が長射程火力の骨幹となりつつある。将来はこれに慣性誘導装置等が付加されて命中精度が大きく向上するものと考えられる。

艦艇用火器は、現状は小口径で20～30mm が、中口径では口径76mm が主流であり、目標速度に応じ、砲弾破片の命中精度向上のため最適な起爆タイミングの制御を行う近接信管を備えた砲弾が、開発されつつある。

将来の弾丸推進システムに関しては、液体発射薬砲の研究が行われており、今後の実用化が期待されるであろう。また、電磁砲に関しては、今後もレールのエロージョン等の技術的課題を克服していく必要がある。

徹甲弾は、現状ではタングステン合金また

は劣化ウランを材料とした、L/D（弾丸長／弾丸口径）が20程度の弾心であるが、L/Dの増加に対する威力の増加が頭打ちとなることが明らかとなり、火砲の薬室容積の限界から同一の火砲では、威力の増加は限界があることから、現在ではL/D増加を目指した研究は行われていない。このため、現在は弾心構造及び材料の改善による威力向上に主眼を置いて研究を実施している。

さらに、近年米国では、ナノ材料製造技術により衝突時に弾心弾頭形状を自己鋭利化させることにより、現状の徹甲弾よりもさらに侵徹威力の向上が図られると思われる。

成形さく薬弾は、現状ではライナ形状・材質、さく薬種、爆轟波面形成等の研究が行われており、爆発成形弾（EFP:Explosively Formed Penetrator）についても、高速目標対処用弾頭、及び対戦車用広域弾薬等として諸外国において研究が行われている。

りゅう弾は、現状では調整破片弾が用いられるが、将来は破壊威力をさらに増加させるために指向性弾頭が実用化されるだろう。また、子弾を複数親弾の弾殻内部に収納した多目的弾が実用化されつつある。

弾薬の知能化は、弾薬に目標の識別、自律弾道制御、弾道の自己標定などの機能を付加するものである。現在研究中の目標検知型の弾薬は目標をミリ波やIR等及びこれらの複合型のセンサで目標検知し、EFP弾頭等を起爆し、敵目標を撃破するものである。

信管においては、対空ミサイル等の高速目標に対して最適なタイミングで弾頭を起爆する近接信管技術について性能の向上を図り各国で研究開発中である。

弾道計測技術は、現状ではピエゾセンサによる砲内の腔圧計測が一般的であり、砲内の弾丸の速度計測は砲内ドップラーレーダの使

用が一般的である。砲腔内表面温度の測定等も研究されつつある。

弾道シミュレーション技術については、近年研究開発の効率化に伴い砲内、過渡及び砲外弾道を統合化した弾道シミュレーション技術が発展してきた。さらに、弾道特性を評価するため、非定常高速過渡弾道のシミュレーション技術も研究されつつある。砲内弾道シミュレーションでは、気相及び固-気2相領域を2次的に取扱える砲内燃焼挙動計算コードが、米国において開発中である。

(4) 車両関連技術

陸上機動力の中核となる戦闘車両は空中機動力とともに、陸上戦闘力の中でも大きなウェイトを占めている。その結果、これに対抗する兵器もまた陸上戦闘力の減殺手段として大きな地歩を占めるに至った。両者の戦場における残存競争の結果として、先端技術を結集したハイテク戦闘車両が、生み出されている。以下に、主要諸外国に共通なこれら戦闘車両の研究開発の現状と動向を概観する。

戦車については軽量小型化が大きな傾向である。電気駆動による低車高化（例えば、ガスタービンエンジンで直接、車輪もしくはスプロケット回転用モーターを駆動し、従来大きな容積を占めていた機械式動力伝達機構を不要とする。）、及びセラミックス等の新素材の適用による原動機の熱効率向上と原動機の軽量小型化が進められている。

さらに、乗員ルーチンワークの自動化及びシステム故障診断装置の向上等の省力化が進められ、操縦のロボット化（ロボット用人工知能が必要）及び、C³Iのロボット化（人間に類似の状況判断が可能なロボット用人工知能が必要）が図られている。

また、小シルエット化、電気駆動による静

肃化、及び排出熱の低減化が図られる等、ステルス化についての研究開発、従来型火力の他、電磁熱化学砲及び電磁砲等の火力の増強についての研究開発も進められている。

さらに各種複合材料による耐弾性の向上、対戦車誘導弾を継続的に走査するレーダ、迎撃飛しょう体からなるアクティブ防御システム、及び電磁装甲等、装甲防護力の強化について等の研究が行われている。

また、多方向からの多種類の脅威を警報するため、光波警報システムの探知識別能力の向上、それに対する光波探知妨害システムについても研究されている他、走行性能の向上のため、走行中の戦闘車両の振動低減のため事前に路面状況を予見し、最適制御を行うアクティブ懸架装置について等の研究が行われている。

偵察車両、装甲歩兵戦闘車、装甲人員輸送車等は、主力戦車と共同戦闘ができるように火力、防護力、及び機動力は主力戦車と並行して向上されており、その研究開発の推移は、主力戦車と類似したものとなるであろう。

(5) 施設器材関連技術

渡河器材及び地形障害処理器材は、軽量化、モジュール化、標準化及び自動化が進展し、地雷関連器材のハイテク化の研究開発も活発化している。地雷は、電波、磁気、光学センサーを組み合わせた起爆用センサーの複合化及び知能化に関する研究開発が推進されている。

一方、地雷探知器材についても、電波、磁気、光学及び化学センサーを組み合わせた探知センサーの複合化及び遠距離からの探知（探知のスタンドオフ化）能力の向上の研究開発が進展中である。

地雷処理器材は、高出力マイクロ波による

処理、リモートコントロール処理、ロボットによる処理（処理用マニピュレータをリモコン車両等に搭載）等の各種処理手段の研究開発及び気体爆薬等による広域迅速処理の研究開発に努力が指向されている。

築城器材等は、新材料及び新施工方法の研究開発が進められている。

(6) 艦艇関連技術

近年のエレクトロニクスの驚異的進歩の結果、目標の探知・識別能力が著しく向上したため、艦艇を取り巻く脅威は増大する一方であり、各国は、探知・識別能力及び攻撃能力の向上、艦艇自体の操縦性能、推進性能の向上、ステルス化即ち被探知防止能力の向上、の推進を進めている。また、我が国及び欧米諸国では若年人口の減少や生活様式の変化から艦艇乗員が減少しており、省力化・自動化の推進を進めている。更に今後は艦艇の環境に対する影響を考慮すべきであり、大気汚染防止技術等の開発が必要であろう。

水上艦艇の船型は従来からの単胴排水量型の他、良好な高速性・耐航性等を有するACV（Air Cushion Vehicle）、ハイドロfoil船型が、哨戒艇、揚陸艇等に採用されており、SWATH（Small Waterplane Area Twin Hull）も良好な耐航性、広い板面積等の点から特殊用途の艦として実用化されている。またSES（Surface Effect Ship）は良好な耐航性・高速性・水中爆発に対する耐衝撃性の他、水中放射雑音が小さいこと等から各国で研究が進められ、掃海艦艇等に採用されている。WIG（Wing In Ground-effect；地面効果翼艇）は、航跡やプロペラ等による水中音が発生せず、かつ大型化が可能であることから、安定性や波浪の影響といった問題が解決されれば、海上輸送能力を担う有効な手段

として用いられる可能性がある。

潜水艦については、沿岸海域における運用の重要性が増大しつつあり、比較的狭い範囲に多くの艦艇や機雷、水中センサが存在する環境において、長時間、哨戒行動等を行う能力が求められる。

そのためにはより抵抗が小さく、操縦性能に優れた船体形状の開発が必要である。抵抗の少ない、流体力学的に優れた船体は、流体雑音の点からも優れている場合が多く、今後の潜水艦では基礎設計段階で船体形状の十分な検討が必要になると考えられる。米国海軍では数値流体力学、大型回流水槽を用いた試験により、セイル形状を改良する研究を実施中であり、船体形状の最適化に関する検討が進むものと考えられる。さらに、浅海域で海底に着底して情報を収集することも考えられ、海底から離れる際の運動性能も検討すべき課題である。

潜水艦の船殻材料として、高張力鋼及びその溶接技術の開発・実用化が各国で行われており、我が国の技術は世界でもトップレベルとなっている。水上艦においても、高強度部材として高張力鋼が多用される傾向があり、併せて高強度ステンレス、複合材料等を適用して、各国とも水中爆発等による被害を最小化する努力を行っている。

護衛艦の推進機関では、静粛性、機動性の向上、省力化、燃料消費率の低減が課題である。耐熱材料の使用により、タービン入口温度の高温化が可能になり、燃料消費率が改善されてきたが、米・英国は I/CR (Inter-Cooled Regenerative) 化により大幅な改善を目指している。I/CR ガスタービンでは機関の大型化、複雑化を伴うものの、燃料消費率が40%部分負荷程度まであまり変わらず、また1台の機関での運用域が広がる等

の利点がある。

また、従来、砕氷船等に限定されていた電気推進システムが、パワーエレクトロニクスの進歩により護衛艦においても実現されつつある。電気推進システムの課題は、出力の増加、小型化、取得費用の低減である。

電池潜水艦では水中持続時間延伸のためのスターリング機関、CCDE (Closed Cycle Diesel Engine)、燃料電池等を補助機関として使用する AIP (Air Independent Propulsion System) が実用化されつつある。スターリング機関は静粛性・熱効率に優れ、スウェーデンにおいて実艦に搭載された。また仏国ではクロードサイクル蒸気タービンによる MESMA システムの実用化が間近である。オランダ、独国の CCDE が潜水艦用動力として採用されるためには、爆発行程に伴う振動の低減という課題がある。燃料電池は高効率かつ駆動部分が少ないことによる静粛性から、潜水艦用動力として理想的であるが、燃料が水素であるため、安全性の確保、水素の貯蔵供給技術の確立が必要である。独国は固体高分子型燃料電池 (PEFC: Polymer Electrolyte Fuel Cell) を搭載した潜水艦を、就役させる予定である。今後、自動車用燃料電池の開発が進むことによって、高性能で信頼性が高く、安価な燃料電池の出現が期待される。

環境問題への関心の高まりの中、大気汚染防止のため、一般の船舶のディーゼル機関を中心として、排気ガス中に含まれる NOx 低減技術が研究されている。いずれ艦艇についても対策が必要となるであろう。

水中放射雑音の一因であるプロペラキャビテーションは流れ場の均一化、スキュード・プロペラ (翼面形状が「なぎなた」のような形状をしたプロペラ) のハイスキュー化等に

よるプロペラの改善、プロペラ翼に開けられた小穴から空気を噴出することにより、放射雑音の伝搬を遮断するプレリーマスカーの使用等で低減されている。潜水艦では制振合金プロペラが実用化されている。二重反転プロペラは推進効率の向上の他、キャビテーション低減にも有効といわれ、より小型で信頼性の高い反転機構の開発が必要である。

また、機器本体の雑音は起振力の低減、制振材料の使用、弾性継手の使用等の他、機器台の防振、ハルダンピング材の使用等により低減がされている。アクティブ防振も実用化されつつある。

ソナーエコーの低減のためには、吸音材料の低周波数化・広帯域化等の改善、潜水艦アスペクトの欺瞞技術の開発等が必要である。

磁気シグネチャ低減のため、艦内磁気の経時変化に対応するクローズド・ループ消磁技術が実用化されつつある。

将来、艦艇の UEP (Underwater Electric Potential) を利用する機雷や探知器の出現が予想される。艦艇の UEP 分布は複雑であり、UEP 低減のためにはまず、UEP を精密に測定する技術、精密にシミュレートする技術を確立する必要がある。

レーダ被探知防止のために側壁傾斜船型の採用が今後とも進むであろう。また民生利用の増大、製造技術の向上から CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) 等の複合材料の価格が低下してきており、RCS (Radar Cross Section) や赤外線放射、磁気低減のために、艦艇への利用が大きく進むものと思われる。CFRP はスウェーデンの Visby 級コルベットに既に使用されている。

近年、航跡を追尾するウェーキホーミング魚雷が脅威となってきている。ソフトキ

ル、ハードキルといった魚雷防御技術では対処が困難とされており、艦艇自身の航跡の低減が必要である。しかし現在、航跡の発生機構が十分精確に分かっておらず、今後、船型と航跡の関係等の解明が期待されるところである。

(7) 水中武器関連技術

はじめに魚雷について近年の各国における研究開発の傾向を概括すると、まず第一に共通した特徴として低価格化があげられる。さらに、日米では、比較的安価で高エネルギー密度をもち、水素-酸素反応を利用する、Hydrox とよばれる熱機関を開発中である。一方仏伊では、MU90 の動力装置を、短魚雷、長魚雷、対魚雷用魚雷全てに適用し、新たに大きな開発を行わない模様である。また米国、NATO では性能は劣るが安価な、ミニ魚雷或いは LCAW と呼ばれる魚雷がある。

一方、ロシアでは音響ホーミングと推力制御を犠牲にして、スーパーキャビテーションを利用する超高速魚雷、Shkval が配備されたと言われる。

魚雷用センサでは、ホーミングレンジの延伸、ビーム幅の拡大とともに多周波数化、多センサ化を図る傾向にある。米国の MK50、フランスとイタリアが共同開発した MU90 は多周波数を用い、多センサを搭載しているといわれている。また米国は、MK54 等用に、発展型の魚雷用広帯域センサの研究を進めている。近年、TCCM により防御しにくいウェーキホーミングが評価されている。国外では、例えばロシアの魚雷 (DST-90,92) 等で使用されている模様である。

掃海については、目標識別機能を具備す

る近年の高知能機雷に対抗するために、艦船シグネチャを精密に模擬する TEM (Target Emulation Mode) 掃海が必要となりつつある。また UEP、水圧センサ搭載機雷の登場が予想されることから、磁気・音響掃海に加え、電界、水圧掃海についても研究が必要である。掃海艇自身の安全性も低下してきており、無人掃海艇や水中えい航体を用いた掃海が注目されつつある。

掃討については、欧州ではソーナー付航走体 (PVDS: Propelled Variable Depth Sonar) が提案されている。これは可変深度 (搜索/類別) ソーナーに推進力を付加し、機雷探知後、母艇から自走式爆雷を目標に誘導するシステムである。また米国をはじめ各国は、UUV (無索無人水中航走体) の研究を開始している。また米国ではヘリコプタから投下する機雷無効化魚雷の開発要望がなされているとの情報もある。

(8) 水中測的探知関連技術

近年、潜水艦の静粛化、音響エコーの低減が進み、探知が困難になりつつあるとともに、沿岸部のような浅海域におけるミッションの重要性の高まりにより、複雑な音響環境で目標を探知し得る能力を確保する必要がある。こうした状況に対処するための動向として、アクティブソーナーの低周波化、環境適合型のソーナーの開発及び信号処理法の確立、ソーナーのマルチスタティック運用がある。マルチスタティック運用を構成する単体のソーナーの新しい動向としては、アクティブ (パスタティック) ソノブイや、ATAS (Active Towed Array Sonar) があり、米国、NATO 等で実用化が進んでいる。また、浅海域におけるソーナーのマルチスタティック運用では、運用海域の情報と探知・被探知可能領

域を予測する技術 (予察技術) 及び最適なソーナーの運用法を提供する機能が重要であり、NATO をはじめとして、海域データベースの蓄積や、予察モデルの構築が進んでいる。

また、潜水艦も音響探知能力の向上が求められ、コンフォーマルアレイの進展、潜水艦用 TASS の拡充が顕著な動向である。音響受波素子レベルの技術では、光ファイバ受波器の採用が進み、受波アレイの高密度化が図られるであろう。併せて情報処理技術では、多種多数の音響センサ及び大量の情報の統合・一元化が促進されるであろう。

(9) 測的探知技術 (電波・光波) 関連技術

湾岸戦争におけるステルス戦闘機 F-117A の活躍に見られるように、目標となる航空機はステルス化が進み、これを探知するレーダ等は、小目標探知能力、探知距離の延伸化、探知精度及び目標識別能力等高度な機能性能が要求され研究が盛んである。特にレーダでは、ステルス化された航空機を探知できる広帯域レーダ、地中の目標等を探知できる広帯域合成開口レーダ、目標識別が可能な逆合成開口レーダ等の研究が盛んである。一方、半導体素子技術の進歩はめざましく、測的探知システムの機能・性能の向上、小型軽量化及び信頼性向上に寄与している。

過去のレーダ・アンテナは、大電力送信管で発生した電波を反射器により指向性を持った電波ビームとして発射していたパラボラ・アンテナが主体であり、アンテナ全体を機能的に走査させる必要があった。近年、素子アンテナを多数配列し、これに供給する電波の位相を位相器で制御してレーダ全体からの電波をビーム化するフェーズド・アレイ・アン

テナが実用化された。この場合、電波ビームの走査は位相器で電子的に行われ、機械的な走査装置が不要となり、レーダはかなり小型軽量化された。しかし、この段階に達しても現状では、依然としてレーダ・アンテナはある程度の容積を必要としている。

このフェーズド・アレイ・アンテナのアンテナ部、位相器及び送受信器モジュールを一体化すると共に超小型化し、任意曲面の板状のレーダ・アンテナを実現しようとするのがコンフォーマル・アレイ・アンテナである。

即ち、アンテナの板状化により、従来のレーダ装置のイメージを一掃する「アンテナが航空機等の外板を兼ねるコンフォーマル・レーダ」が実現される。この次世代レーダは、我が国及び米国で研究中である。

次に目標を画像として捕らえて目標の種別の認識を可能とする画像レーダとして、合成開口レーダ（SAR：Synthetic Aperture Radar）及び逆合成開口レーダ（ISAR：Inverse Synthetic Aperture Radar）がある。合成開口レーダは、高速移動するプラットフォームから地表に向けて電波の送受信を繰り返し、プラットフォームと目標地点との相対運動により生じるドップラー周波数の変化を利用して地形画像を得るものである。また、逆合成開口レーダは、逆に目標の動きを用いるもので、相対運動を利用する原理は合成開口レーダと同じである。

また、HF 及び VHF 帯等の波長の長い電波を用いて回折・散乱により地形地物の影にある目標をも探知可能な見通し外レーダ等の特殊レーダの研究も進められている。HF 帯を用いた OTH（Over The Horizon：超水平線）レーダは既に実用化されているが、現在では VHF 帯を用いた近距離用の見通し外レーダが研究対象になっている。

最近、インパルスレーダまたは超広帯域レーダと呼ばれる数百ピコ秒の超狭パルスを用いるレーダが話題になっている。これは、超狭パルスを使うが故に距離分解能が数センチと極めて高く、また、周波数帯域が広いためステルス機にも対処可能という特徴を有する。一方、この広帯域レーダには、特殊な用法として、低い周波数を用いて森の中に隠蔽された目標や地中5～10m のトンネル、塹壕等の目標をも検出できるものが研究段階にある。

また、電波のかわりに光波を用いる測的探知技術の進歩も注目に値する。特に、光波センサ技術及び情報処理技術の進歩は、紫外線から赤外線までの波長を用いて光波画像を得るマルチスペクトル技術を実用化しつつある。この技術を適用すると、目標から発散される物質固有の波長の光波を検出して、複雑な地上背景の中に隠蔽された目標をも探知・抽出することが可能になる。

(10) 指揮・統制・通信及び情報関連技術

近代の戦闘では敵の所在、能力、友軍の所在、敵と味方の行動能力を把握するために戦闘情報システムにおける監視、情報管理、通信の分野が重要視されており、そのため、陸海空と宇宙にわたる情報収集網が地域的にも世界的にも張りめぐらされている。それでも必要な情報が得られないこともあり、情報収集網の強化が必要である。情報管理システムは、リアルタイムに近い状態で情報を伝達する機能を果たさなくてはならない。このため情報を必要とするものを、地域及び全世界のネットワークの中に組み入れること、信頼される広範囲な通信、情報管理の能力を強化する必要がある。

将来の戦闘での勝利は、これらの課題を解

決する情報技術にますます依存していく。兵力の投入、戦闘力の向上と維持、機動の優越、精密な攻撃の実施において優越を得るには情報戦での勝利が基盤となる。

戦場のデジタル化は全作戦戦闘分野において通信と情報を統合する手段となる。米国は、統合軍、陸軍、海軍及び空軍の21世紀ヴィジョンにおいて、ネットワークを基盤として、その上に各種戦力を構成するというネットワーク中心の戦争(NCW: Network Centric Warfare)へと転換した。従来の戦争はプラットフォーム中心の戦争であったが、今後の戦争では、プラットフォームを結ぶネットワークを中心とする。ネットワークを基盤として戦う側は、戦争を連続的に変化させ、かつ変化の速度を更に加速することができるため、プラットフォーム中心の相手側の戦略を封じ込めることが可能となる。

このように指揮・統制・通信及び情報分野ではデジタル化の動向が著しく、その中でもこの分野で中心的な技術であるコンピュータ技術の動向、通信技術の動向について以下に記述する。

コンピュータ技術の動向として民間用(COTS: Commercial Off The Shelf)製品の活用とCPUアーキテクチャがある。米軍で使用されるコンピュータは軍用規格製品ではなく民間用製品を使用する傾向が強い。このために産業界もコンピュータシステムの二重化を行うなどの強化を行い、軍用規格に対応する製品を作り出している。このCOTS製品の活用例としては、米海軍では21世紀の

C⁴I (Command, Control, Communications, Computers and Information) システムとしてコペルニクスと名付けた構想を持っている。この構想は最新の技術を取り入れることを基本とするもの

で装置のアップグレード、全世界的なネットワークの構築などを目標としている。CPUアーキテクチャとしてはスーパースカラ方式でRISC (Reduced Instruction Set Computer) アーキテクチャが主流であるがCISC (Complex ISC) の特徴を備えたRISCアーキテクチャも出現している。数年後にはCPU自体もGaAsベースでクロック速度10GHz以上と高速化され、従来のスーパーコンピュータ並の速度が実現される。

通信技術の動向としてデータ転送の高速化／大容量化のための伝送／交換技術として注目されている非同期転送モード(ATM: Asynchronous Transfer Mode) 技術を取り上げる。米国防省は新技術の開発よりも既存の民用と軍用技術を統合することにより、音声、データ、映像などあらゆるレベルの指令で、兵士などをリンクするリアルタイムの全世界的軍事通信ネットワークの開発を目指している。ATMは誰とでも任意に同じネットワーク上で非同期的に音声、データ、映像などあらゆるデータを転送できる次世代の通信規約で、国際電信電話諮問委員会(CCITT)で様式が標準化され、この全世界的通信ネットワークに不可欠なものと期待されている。

このATM技術と対抗するものとして、Ethernet技術がある。Ethernet技術は、約30年前に開発された技術であるが、未だに長距離化及び高速化に関して技術開発が行われている。例えば高速化に関しては、1Gbpsの伝送速度を誇るギガビットEthernetが実用化されている。近い将来、10Gbpsまで高速化される予定である。

(11) 電子戦関連技術

近年、米国においては敵の指揮管制通信網や防空組織を無力化することが作戦上極めて

有効なことが実証され、従来の電磁的手段だけでなく火力等の物理的破壊手段（ハードキル）も同時に使用するようになった。先の湾岸戦争においても、多国籍軍は ARM（対電波源ミサイル）を搭載した防空制圧機 F-4G（ワイルドウィーゼル）及び各種の電子戦機を出撃させ、指揮通信網及び防空網に壊滅的打撃を与えて、味方の航空機の損失を最小限に止め、作戦を成功に導いた。この新しいハードキルを含む電子戦の概念は EC（Electronic Combat）と呼ばれるようになった。従来の3つの電子戦の動向は次のとおりである。

電子支援対策（Electronic Warfare Support Measures：ESM）は相手が放射する電磁波を搜索・傍受・評定して、速やかにその放射源・特質等を分析、判定する活動であり、次に記述する ECM 及び ECCM に必要な情報源となる。なお、最近では、戦術的な電波源搜索・評定活動を ESM、戦略的な長期にわたる情報収集／監視活動を SIGINT（Signal Intelligence）と使い分けることも多い。

また、SIGINT には、通信情報を傍受する COMINT（Communications Intelligence）と電子情報（レーダ電波等）を収集する ELINT（Electronic Intelligence）とがある。

従来の ESM は、通信電波及びレーダ電波を対象としてきたが、現在ではミリ波も対象となりつつあり、このような広い周波数を探知するには膨大なハードウェアが必要であり、MMIC（Microwave Monolithic IC：マイクロ波モノリシック集積回路）等の技術を用いた素子の小型化、広帯域化の研究が盛んに行われている。

電子対策（Electronic Counter Measure：ECM）は相手の有効な電磁波の使用を妨害

または減殺する活動であり、相手の通信機及びレーダに対する妨害電波の発射、デコイ等による欺瞞等がある。レーダを妨害・欺瞞するレーダ ECM 技術には、チャフのように相手レーダの電波を反射させるパッシブ方式と、積極的に妨害・欺瞞電波を放射するアクティブ方式がある。最近では、電波を発信・増幅するための MMIC 及び TWT（Traveling Wave Tube：進行波管）の小型化、高出力化及び広帯域化が進み、アクティブ方式が主流となりつつある。この小型高出力発信器を用いたアクティブ電波妨害用装置の例として、米海軍が開発した対空ミサイル妨害用の射出型 ECM 装置 GEN-X 及び STRAP がある。

対電子対策（Electronic Counter Counter Measures：ECCM）は相手の「電子戦」活動の行使にもかかわらず、味方の電磁波の有効な使用を確保する活動であり、ESM からの被探知の防止、ECM からの妨害・欺瞞等の回避がある。敵に探知されにくいレーダ、いわゆる LPI（Low Probability of Intercept）レーダの研究がなされており、送信電波の周波数帯域幅を拡大し、尖頭出力を低下させる方式が主流となっている。

また、送信パルスに周波数変調または符号変調を加えることで、レーダ波受信時に、受信パルス幅を圧縮して、その分受信パルスの振幅を増大させるパルス圧縮技術が研究されている。従来の電子戦に加えて、湾岸戦争で採用された電子戦では更に次の二つの要素がある。

C³CM（Command Control and Communication Counter Measures）は電子的手段（妨害電波等）により、敵の指揮統制通信網を欺瞞・錯乱する活動。湾岸戦争での EF-111 及び EA-6B による「電子戦」があ

る。

指揮統制通信網の通信方式はスプレッドスペクトル化が進み、妨害が非常に困難となっており、効果的に妨害を行うには通信装置の近傍に妨害装置を置くことが有効で、米陸軍が開発中の155mm 砲弾に組み込んで敵の通信基地周辺に散布する通信妨害用の使い捨てジャマー等がある。

SEAD (Suppression of Enemy Air Defence) は物理的破壊手段 (対レーダ・ミサイル等) により、敵の防空網等を破壊する活動である。湾岸戦争での F-4G による対空レーダ基地攻撃等が代表的な例である。敵の機器 (ハードウェア) を破壊するため「ハードキル」と称し、C³CM の「ソフトキル」と対比される。最近では、「電磁波を用いたハードキル (高出力電磁波により相手の電子機器を物理的に破壊)」が登場してきた。

超高出力マイクロ波により、敵ミサイルの電子機器を破壊するための送信機としては、自由電子レーザ及びバケータ (Vircator) 発信器等が研究されており、米国では10⁹ W 以上の出力が得られたと伝えられる。

また爆薬の爆発エネルギーを用いて大電力を発電し、パルス状の高出力電磁波を発生させる電磁弾も研究されている。この方式により、ソ連では10¹³W の出力を得ることに成功したと伝えられ、また、湾岸戦争で米軍が試用したともいわれる。

一方、光波によるハードキルとしては、敵ミサイルに高出力のレーザ光を照射してシーカを無力化するレーザジャマー (米空軍の Have Glance 等) が研究されている。

(12) 衛生・需品・訓練支援器材関連技術

通常兵器の多様化と化学兵器及びその他の脅威により、兵士が戦場で遭遇する状況は、

非常に複雑化し、かつ予測困難なものとなっている。このため個人が携行しなければならない装備品は大変バラエティに富んだものになってきている。また状況に対処するため、個々の兵士の能力の向上を図らねばならず、訓練支援器材の利用と開発が盛んになっている。

衛生関連技術では、前線における有効な治療が重要視されている。そこで最新医療機械をコンテナに組み込んで、必要に応じて組み合わせることで迅速に野戦病院を形成する手法が実現されている。また前線の負傷した兵士の治療で重要な作業は輸液・輸血である。

そのため人工血液の生成、凍結乾燥血小板及び汚染されている水を無菌の補液に変える機器の開発が行われている。

需品関連技術では、新素材を適用して多様化する兵士の要求に応えようとしている。特に被服、防弾衣及びヘルメットにそれが顕著である。例えば被服では雨具において、快適に活動できるよう通気性と防水性を共に備えた素材が実用化されている。防弾衣及びヘルメットでは、冷戦後小規模な紛争が増えたために、りゅう弾破片に耐えるという目的以外に、小銃弾に対処する必要がでてきた。そのため身体や頭部を傷つけないように、衝撃エネルギーをゆっくりと吸収し、軽量で加工しやすい繊維系の素材を適用したものが登場している。

NBC 防護技術では、化学兵器が拡散の傾向にあるため、防護、検知及び除染技術の重要性が増している。ここでも防護衣等に新素材の適用が試みられており、防護力の向上だけでなく機動性及び快適さも追求するようになっている。また、近年、生物兵器の脅威が増す中、生物兵器に対する防護、探知等の研究開発体制が急務となっている。今後は NBC

防護に限らず、耐弾及び耐熱等も含めた防護性能を頭部から足の先まで完全にカバーし、さらに通信機器や暗視装置まで組み入れると共に、衣服内の温度、湿度等を制御することにより、一層困難な戦闘に耐えられる統合的な個人兵士用防護システムの開発が進められている。

訓練支援施設技術では、訓練用のシミュレータの開発が盛んに行われている。これは、訓練費の節約の要求が常にあるからであり、また、技術的に効果的な訓練模擬が可能となったことからである。シミュレータの構成技術であるコンピュータ、映像及び関連周辺機器等の技術の進歩は非常に速いため、今後はますます臨場感のある模擬が可能となるであろう。また、近年の仮想現実感（バーチャルリアリティ）の技術も適用されるようになった。米国では1990年代、国防省主導のもと、地理的に離れた異種のシミュレータ同士をネットワークでつなぎ、互いのデータを交換して共通の仮想画面で模擬が行われるようにする DIS（Distributed Interactive Simulation：分散協調シミュレーション）の開発、実用化を進めてきた。さらに大規模なシミュレーションに対応するために、1996年に米国防省は、HLA（High Level Architecture）を分散シミュレーション用の標準アーキテクチャとして採用することを宣言した。HLAにより、ソフトウェアの再利用を容易にするとともに、各種シミュレータを接続した大規模なシミュレーションの実施が可能となる。また研究開発の段階から積極的にモデリング&シミュレーション技術を活用することで、運用訓練までも含めた一連の装備品設計を効率的に行うことが可能となる。モデリング&シミュレーション技術は、米国以外でも NATO が研究を実施中であり、

この技術は将来益々重要になると思われる。

(13) 宇宙関連技術

宇宙関連技術は、最先端技術の粋を集めたものであり、軍需技術水準の優位は続いているが漸次、民需との差は縮まりつつある。以下に研究開発の現状と動向を概観する。

ロケットでは、打ち上げペイロードは、年代とともに増大し、ロケットの推力所要も増大しているが、それに伴い推進薬の比推力の向上及び密度の増大に関する研究開発が進展している。

通信衛星は、90年8月～91年1月の湾岸戦争の戦訓から、通信容量の増大、対通信妨害の強化等の改良開発が進められている。

航法衛星では、米国の全世界測位システム（GPS：Global Positioning System）衛星は24個の打ち上げが93年に完了し、使用者に24時間にわたる位置情報の提供が可能となっている。

偵察衛星は、湾岸戦争の戦訓から、探知・警戒能力の向上（搭載機器の軽量、小型及び節電化）が進められている。

(14) 関連基礎技術

材料科学では、ガスタービンの燃焼効率向上に寄与する超耐熱合金、耐食性に優れ海洋・宇宙などの特殊環境や医療用として有望なチタン合金などニューメタルと呼ばれる各種の先端金属が研究されており、使用目的に応じた研究開発が継続されるであろう。また、軽量化に有効な繊維強化金属や複合材料は、強化金属／マトリックスの組み合わせとなる材料特性の最適化や複雑形状の製造技術などが研究されており、今後とも航空機機体材料を中心に開発、採用されてゆくと思われる。

ニューセラミックスは車両用エンジン部材

等に使用する試みがなされているほか、光波、音波、磁気、ガス、湿度等の測定用センサとしての応用が研究されている。将来的にはセラミックスの塑性変形を起こさず脆いという性質の改善へも研究が進むと思われる。超電導セラミックスも特殊機能の1つで現在、臨界温度127Kの酸化物超電導物質が発見されているが、今後とも臨界温度の高い物質の発見が続けられ、液体窒素（77K）で冷却可能な超電導量子干渉計が磁気探知機として実用化される可能性も高い。

エネルギー関連で注目されるのは燃料電池で、第1世代のリン酸塩型燃料電池を中心に実用化が進んでいる。現在、第2・3世代の溶融炭酸塩型や固体電解質型の燃料電池は基礎研究の段階であるが、将来的には各種のものが実用化され、潜水艦等で使用されるであろう。

電子デバイス関連では、マイクロ波・ミリ波集積回路の小型・高集積化と性能の安定化への努力が続けられており、現在、MMCI（Monolithic Microwave Integrated Circui）技術が有力である。今後は、微細加工技術及び回路構成技術の向上により多層化等の高密度化が進むと考えられる。

レーザ技術では高出力化と新しい波長の開発などが研究されている。高出力のレーザはソフトキル・ハードキル装置として応用可能であり、また波長変換技術により運用の幅が

広がると考えられる。他に注目されているものとしてアイセーフ・レーザがあり、近測距装置などへ応用される。

光波関連技術のうち、赤外線検知技術は半導体を用いた冷却式（量子型）の2次元アレイ検知素子が開発の中心であり、今後も高感度及び多画素化が進むであろう。また近年、操用性の良い非冷却式（熱型）の検知素子も多数開発され、冷却式の多くが非冷却式に置き換えられている。このほか光ファイバーを用いた大容量高速通信やセンサ技術がある。光ファイバセンサは多種多様のものが研究開発されているが、光ファイバー情報伝達システムと一体化させたファイバ・ハイドロフォン・システム等のような2次元の計測・監視システムの構築も可能となってきた。今後は、3次元立体映像や仮想現実感（バーチャルリアリティ）技術が導入され、各種シミュレータへと応用・発展していくだろう。

人工知能技術ではエキスパートシステムが実用化されているが、「常識」に相当する大規模知識ベースの構築が求められている。現在、ニューラルネットやファジィ理論などが注目されており、今後これらを融合させ、高度な機能を実現することが考えられる。

一方、日本政府はライフサイエンス（遺伝子工学）、環境工学、ナノテクノロジー、IT技術を重視し、基礎研究分野の充実を図っている。

13 技本コンピュータ・システム

(1) 沿革

昭和62年度に技術研究本部の組織改編が行われ、それまで第1研究所第1部計算室で所掌していた技本が保有する電子計算機の管理及び運用に関する業務は、第2研究所第1部に新設された計算センターが所掌することとなった。

その後、平成14年度に技術研究本部の組織改編が行われ、技術部技術第2課から技術部技術情報管理課に改編されるとともに第2研究所第1部計算センターが廃止され、計算センターが所掌してきた電子計算機の管理及び運用業務、及びこれまで企画部管理課第5班で所掌してきた電子計算機の導入及び管理の基本に関する業務は、技術情報管理課情報ネットワーク管理室情報ネットワーク管理係で所掌することとなった。

技本コンピュータ・システムについては、昭和34年度に科学技術計算用電子計算機システムを導入して以来、将来装備品の研究開発に必要な高度な科学計算を支援すべく、4年から6年の間隔でシステムの更新を実施してきている。導入当初は電子計算機システムの設置場所で大規模計算機等を使用する形態であったが、各地区に逐次端末の整備を実施し、平成4年度の更新においては、商用の専用回線を用いた

LAN及びWANを整備して分散処理が可能なシステムを構築した。技本コンピュータ・システムの変遷を表9に示す。

(2) 現況

現在稼働している技本コンピュータ・システムは平成9年度に更新したものであり、大規模計算機の機能・性能の向上が図られているとともに、ネットワークを基盤とした研究開発業務支援機能を充実させるため、技本全地区に端末を整備するとともに、技本内データベース及び外部ネットワーク上の各種データベースの利用に耐えうるシステムとなっている。

平成14年度の更新においては、全庁的な事業である防衛情報通信基盤(DII)に加入する予定であり、通信回線の使用、インターネット接続、電子メールの使用等の共通サービスの提供を受けることとなる。なお、次期システムにおいてはグループウェア機能の向上、各種情報の検索機能の向上及び各地区のセキュリティ機能の向上を図るとともに、技本における業務の電子化を推進するために技本コンピュータ・システムにおいて統合的なデータベースを構築し、データの一元管理を図ることを予定している。

表9 技本コンピュータ・システムの変遷

更新年度 項目	昭和 34年度	昭和 40年度	昭和 45年度	昭和 49年度	昭和 55年度	昭和 61年度	平成 4年度	平成 9年度
大規模計算機 機種	NEAC 1103	TOSBAC 3400/30E	TOSBAC 3400/51	HITAC 8700	HITAC M200H	HITAC M680H	HITAC M880/180	NEC SX-4/5A
利用の形態	ベック処理	同左	同左	センターベック処理 リモートベック処理 TSS処理	同左	同左	LAN及び WAN ベック処理 TSS処理	同左
各地区端末	なし	なし	なし	本部、1研、 2研、3研、 4研、5研	同左	本部、1研、 2研、3研、 4研、5研、 飯岡	同左	本部、1研、 2研、3研、 4研、5研、 飯岡、川崎、 東千歳、下北 士浦、新島、 岐阜
データベース、アプリ ケーション・ソフトウェア の種類		文献検索 (試行) 数値計算 ライブラリ	文献検索 数値計算 ライブラリ	同左	同左	文献検索 図書検索 技術情報検索 CAD構造解析	文献検索 図書検索 技術情報検索 CAD、OA、各 種解析(構造、 衝突、流体、熱 伝導等)	同左
その他								インターネット接続 1.5Mbps