

首都直下地震における問題構造解明のための TOC論理思考プロセスの適用

Applying the TOC Logistic Process to Clarify the Problem Schemes of Near-Field
Earthquake in Tokyo Metropolitan Area Based on the TOC Logistic Process

程 潔¹, 重川 希志依², 目黒 公郎³, 山崎 文雄⁴,
中林 一樹⁵, 林 春男⁶, 田村 圭子⁷
Jie CHENG¹, Kishie SHIGEKAWA², Kimirou MEGURO³, Humio YAMAZAKI⁴,
Itsuki NAKABAYASHI⁵, Haruo HAYASHI⁶ and Keiko TAMURA⁷,

¹ キーウェアソリューションズ株式会社 ERP事業部

Department of ERP, Keyware Solutions Inc

² 富士常葉大学大学院 環境防災研究科

Graduate School of Environment and Disaster Research, Fuji Tokoha University

³ 東京大学 生産技術研究所

Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

⁴ 千葉大学大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Chiba University

⁵ 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科

Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

⁶ 京都大学 防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

⁷ 新潟大学 危機管理室

Risk Management Office, Niigata University

An unprecedented damage losses is expected as the worst scenario of a M7.3 earthquake hit Tokyo Metropolitan. In response to this, MEXT started a new research program of which all authors in the paper participated. Under this research program, we adopted the logistic process of Theory of Constraints to clarify the problem schemes from near-field earthquake in Tokyo metropolitan area. We had 4 rounds of comprehensive workshop with more than 80 experts in various related fields and 3 rounds of facilitator workshop to created problem schemes. As a result of this workshop, 2,989 entities were identified, with problem schemes of 14 Core Conflicts were elaborated.

Key Words : Tokyo Metropolitan Earthquake, Theory of Constraints, Current Reality Tree, Core Conflicts

1. はじめに

(1) 首都直下地震への対応

首都直下地震の発生は極めて膨大な被害をもたらすと予測されており^{1) 3)}、その影響は被災地域内に止まらず全国に波及し、スーパー広域災害になることが懸念されている。一方、スーパー広域災害としての首都直下地震の被害に対して、日本の防災に関するヒト・モノ・カネ・情報などの既存の資源は限られている。この未曾有の災害に対して、どのように対応すべきかがわれわれに直面している重大な課題である。首都直下地震の防災対策を考える際に、対応対象となる被害をおのおのに取り分けるのではなく、被害を包括的に捉え、限られた資源の中で、全体最適取り組みを求める必要がある。

(2) 先行研究

首都直下地震の発生がもたらす極めて甚大な被害の影

響は、被災地域内だけではなく全国に波及することが懸念されている。梶・塚越(2007)は「都市防災学」において「(前略)当初は波及被害として計測されていた変化も、複雑な社会経済システムのなかで反響を繰り返し、時間の経過とともに次第にその形を変える(後略)」とし、地震被害の波及メカニズムの図式化を実施している(図1)⁴⁾。また、ドイツの複雑系科学の専門家 Albeverio らの災害シナリオに関する研究では、地震は一つの「システム」として捉えられている。Albeverio らは複雑な災害事例の分析を行い、災害がもたらす被害や影響などは互いに関連しており、被害の発生には連鎖作用が存在することを指摘した(図2)⁵⁾。梶・塚越(2007)については一般的な地震被害を想定しており、また Albeverio らのについては基本的には発展途上国における地震災害を想定したシナリオ展開となっている。

(3) 研究の目的

本研究においては、来るべき「首都直下地震」の発生

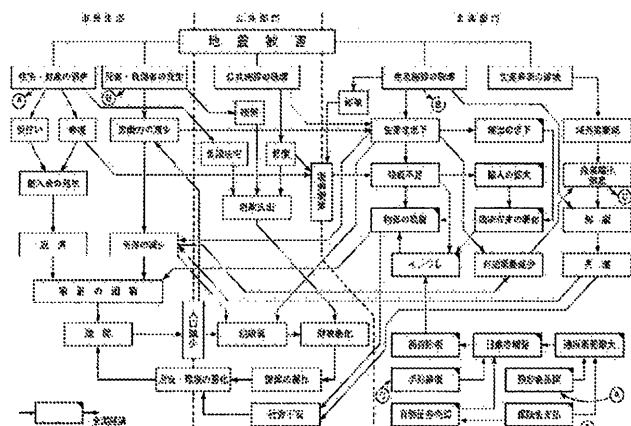


図1 社会経済的影響のメカニズム⁴⁾

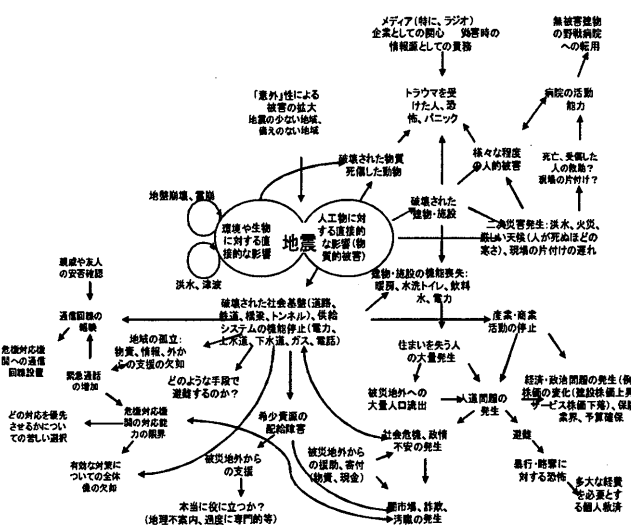


図2 地震因果関係図⁵⁾

によって顕在化する問題構造の全体像を明らかにするための試みを実施する。研究の実施においては「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」の一環として、サブプロジェクトの「広域危機管理・減災体制の構築に関する研究」の最初2年のミッションである「首都直下地震問題構造の解明」の場を適用し、プロジェクトメンバーである様々な分野の専門家の参画を得ることで実現する。

2. TOC理論に基づく論理思考プロセス

(1) パフォーマンスの向上を目指す方法論

広範囲に影響が及ぶ首都直下地震のような課題を考える際には、問題の対象を小さく限定することで、その部分だけの最適を行っても、システム全体としての最適とはならない。さらに、システムの各要素がそれぞれ部分最適を求めて活動しても、全体最適にならないことは通常である。そこで求められることは、システムのパフォーマンスを規定する制約を見だし、それを打破することで、システムパフォーマンスをあげることを目指す。

システムにおいては、1つの制約を打破しても、また別の制約が生まれる。次々と制約を打破することでシステムのパフォーマンスは向上するというのが制約理論

TOC (Theory of Constraints)である。制約理論の中で、複雑なシステムの理解を助ける手法として開発された「論理思考プロセス」を採用する。

制約理論は1907年代ゴールドラットが開発した経営革新手法である。ゴールドラットは「工場の生産性はボトルネック工程の能力以上は絶対に向上しない」という原理を提唱し、物理学のアプローチにより、企業収益の鍵を握る根本的原因となる制約条件にフォーカスし、最小の努力で最大の効果を上げられる⁶⁾ことを実証した。また、一つの制約を打破しても、別の制約が生まれるから、次々と制約を打破することによりシステムのパフォーマンスを向上できる⁶⁾と指摘した。この原理に基づいて、TOCは次々と制約条件を見つけ打破できるように論理的な作業プロセスを提示している。

(2) 論理思考プロセス

論理思考プロセスは、「原因と結果」の関係を論理的に図式化していく方法で、システムの制約条件を見つけ、複雑なシステムの理解を助ける手法として利用される。論理思考プロセスはすべての人にひとつの同じ問題に集中させる方法であり、変革より複雑に絡み合う間に生じた対立に議論を留まらせることができることから、多くの組織が対応を行わなくてはならない問題解決に有効である⁶⁾。本研究では論理思考プロセスにおける現状問題構造ツリーと対立解消図を用いて、首都直下地震の問題構造を明らかにする。

3. 手続き

(1) 現状問題構造ツリー

現状問題構造ツリー⁶⁾(図3)は現状の問題点とその根本原因との因果関係を論理的に分析するものである。まず、システムに対しての「好ましくない結果 Undesirable Effect (以下、UDE)」を抽出する。抽出したUDE間で原因-結果 (If A then B) の関係を図解していく。その際、論理が通るように必要な事実を書き足してもよい。ツリーの論理性の検証については、論理の規定を用いる(図4)。

現状問題構造ツリーを作成する目的は、好ましくない結果UDEの関係性の中から、UDEの中でも「そこに働きかけることができれば多くのUDEを好転させることができる中核的な問題 Core Problem(CP)」を洗い出すことである。また、現状問題の構造を考えていくと、その問題の扱う範囲を超えた根本原因 Root Cause(RC)が発見されることがある。例えば「日本の国土が狭い」などである。それらについては地震防災の課題として「解決すべ

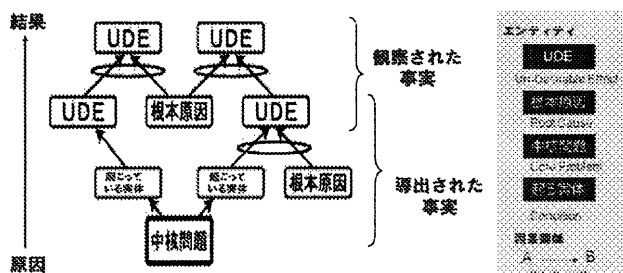


図3 現状問題構造ツリー

き問題」とはせずに RC という所与の問題として捉えることとする。

(2) 対立解消図

現状問題構造ツリーにおいて、中核問題が特定された時点で、中核問題における対立構造に着目し、対立解消図を作成することでその解決策を考える（図 5）。まず、対立する立場（D/D'）に着目することにより、対立する前提を表現する。対立する前提から生じるそれぞれの要望（B/C）を明確にし、異なる要求に共通する対立しないひとつの目標（A）を明らかにする。

そこで、中核問題を解決するための方策を全体で協議する手続きに入る。解決方策は論理的に考えると、以下の4つ「①妙案：BとCが両立できないと思っているのはなぜか。BとCが両立できる方法は本当はないのか」「②Bの要望尊重：D'とするとなぜBが実現できないのか。D'をすることでBできる方法はないのか」「③Cの要望尊重：DとするとなぜCが実現できないのか。DをすることでCできる方法はないのか」「④B・Cの条件：時と場合によってはDとD'はどういうときに対立するのか。ある条件ではDある条件ではD'は可能か」に大別され、その4方策についてそれぞれ吟味する。

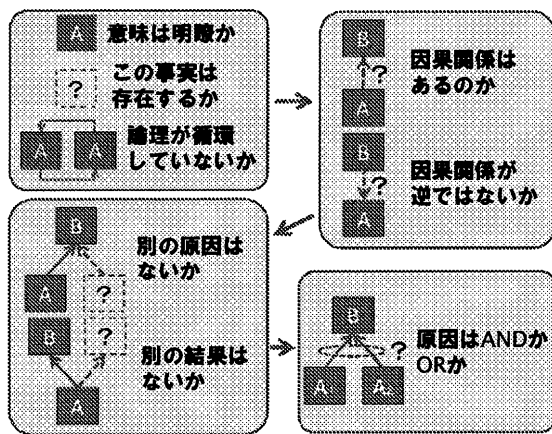


図4 論理の規定⁶⁾

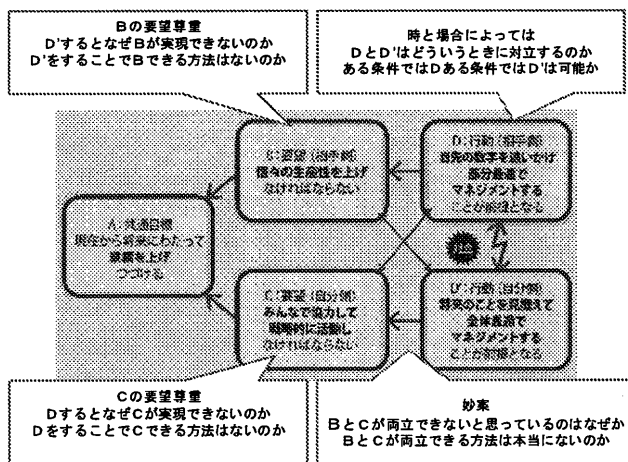


図5 対立解消図⁷⁾

4. 手続きを実現するための場の構築

首都直下地震における問題構造の解明のための場は、参画型研究会をワークショップ形式で設計した（以下、ワークショップ）。さらにそれは2つの部分に別れている。1つは全体ワークショップであり、もう1つはファシリテーター・ワークショップである。全体ワークショップでは、「広域危機管理・減災体制の構築に関する研究」の参画メンバーが小グループに別れて首都直下地震に関する議論を行い、論理思考プロセスに基づいて首都直下地震の問題構造を解明する。毎回全体ワークショップが終了した後に、小グループの作業を円滑に進めるための進行役（以下、ファシリテーター）を集め、全体ワークショップで作られた問題構造の精緻化を測る。本研究においては、4回の全体ワークショップと3回のファシリテーターワークショップを実施する。

ワークショップにおける課題の可視化については、付箋紙を用いて意見を言語的に可視化しながら、その意見カードを模造紙上に配置することで、その関係性を構造的に可視化することで作業を進める。

5. 結果と考察

(1) 第1回全体ワークショップ

各小グループが全体問題構造を議論したことで、問題構造に関わる話題が多すぎて、各話題に関わるエンティティの数が少ないという結果となった。図6は第1回全体ワークショップにおいて「あるグループ」が作成した成果物の一例であるが、一例の中に「交通」「情報通信」「行政」「避難生活」「人的被害」「火災」「水害」「教育」「地域」「住民行動」「社会秩序」「住宅」「復興」といった多面的な内容を議論しようとする中で、各問題内容に言及するエンティティの数は少ない枚数に留まった。

(2) 第1回ファシリテーター・ワークショップ

第1回全体ワークショップで生成された問題構造は首都直下型地震の発生を前提として、東京の人口特性・建物特性・経済特性・政治特性などから考えられたものである一方、東京の地形特性を考慮しきれていないこともわかった。その状況を誇張して述べれば、東京都心で高

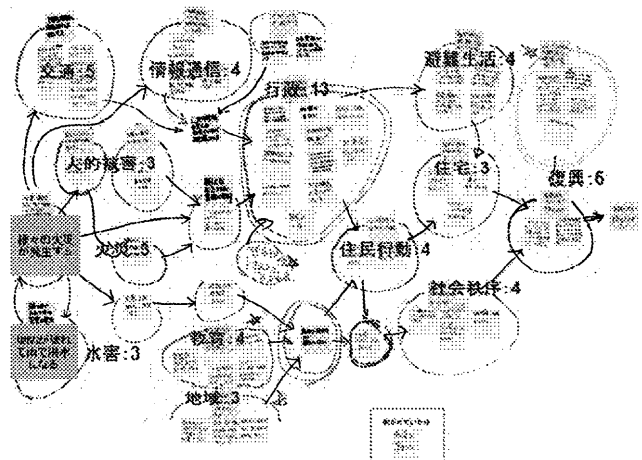


図6 第1回全体ワークショップの結果の例

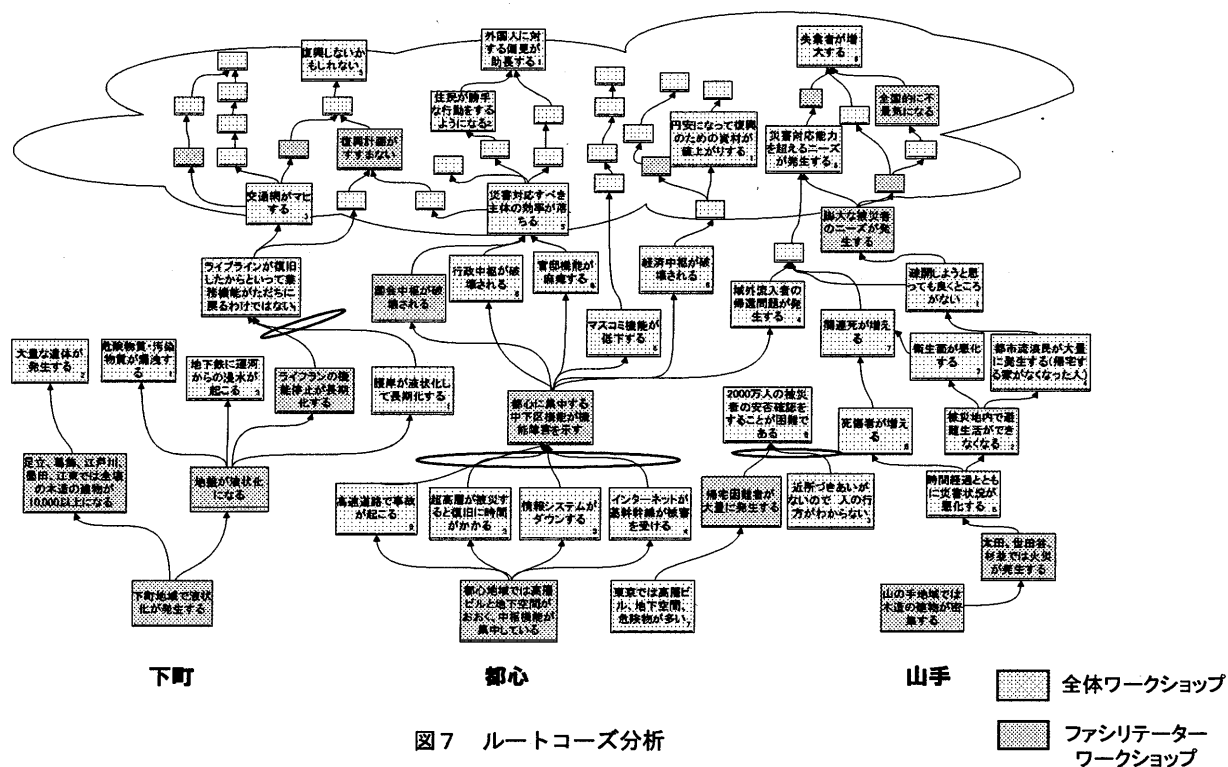


図7 ルートコース分析

層ビル街が延焼火災で全焼した上に、堤防決壊による長期淡水の中で膨大な避難者が生活するといった議論がなされていた。こうした状況を改善し、より信頼性の高い問題構造を作るために、東京の地理環境を踏まえてルートコース分析を行った(図7)。

東京都の地形は、西部の台地とそれを刻む谷、そして東部のその谷を埋める低地で構成されている。このような地形の上に、東京の西部ではアップタウン、東部ではダウンタウン、そしてその境においては CBD (central business district) 都市になっている。この地形特徴を踏まえて、ルートコース分析を行った結果、東京湾北部地震の被害想定における「液状化による建物の被害」「火災による膨大な人的・物的被害」「首都機能の停止による被害の拡大」など被害の特徴は、「東京の都心地域では中枢機能が集中する」「下町地域は砂地盤である」「山の手地域では木造建物が密集する」といった地域の特徴と深く関係があることが明らかとなった。そして、これらの地域特徴による「根本原因」の影響が分散され、「復興しないかもしれない」「失業者が増大する」「全国的に不景気になる」といった「好ましくない結果」に導いてしまうとわかった(図8)。

以上のルートコース分析の結果に基づいて、より妥当性・信頼性・利用性の高い首都直下地震の問題構造を完成させるためには、「下町」「都心」「山の手」という地域を分けてテーマ設定をしたワークショップを行うべきと結論付けられた。その結果、さらに3回の全体ワークショップを追加し、問題構造をさらに磨くこととした。

a) カテゴリーの抽出

第1回全体ワークショップで作成された個々の問題構造に含まれる話題が多すぎて内容が薄くなったことに対し、話題ごとにさらに問題構造を作成する必要があると考えた。そのため、第1回全体ワークショップのエンティティを整理することにより、どの話題に参画者の注目を集めていたかを抽出してみた。

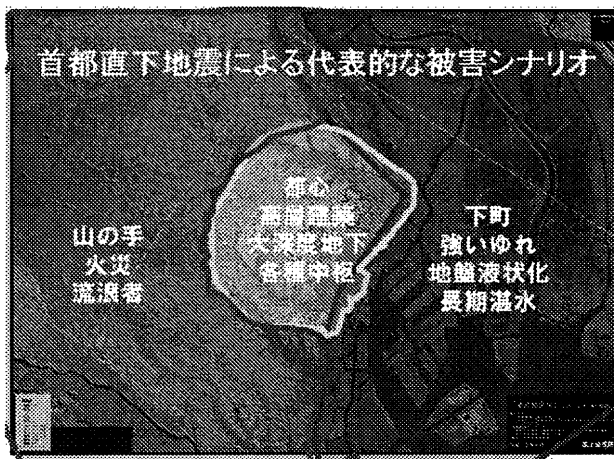


図8 首都直下地震による代表的な被害シナリオ

キックオフ・ワークショップでは、首都直下地震の問題構造を作成するために、合計 1,168 個のエンティティが書き出された。全部のエンティティに対してファシリテーターによりデータクリーニングを行った結果、首都直下地震の好ましくない結果 (UDE) は 940 個、首都持つ特殊性・脆弱性 (condition) は 102 個、問題に対する対応策 (action) は 101 個、きわめて抽象度が高いもの (discard) は 25 個があるとわかった。その中から、「きわめて抽象度が高いもの」の 25 個を除いて、残りの 1143 個のエンティティに対して、さらに親和図法により内容の同じものをひとつに集約する作業を行った結果、662 グループにまとめることができた。そして、662 グループはさらに 41 個のカテゴリーに分類されることができた(表1)。親和図法は、文化人類学者の川喜田二郎氏が学術調査(フィールドワーク)で得られた大量で雑多な資料を整理するために 1950 年代から模索していた方法

表 1 41グループのカテゴリー

きわめて抽象度の高いもの (Discard): 25枚 → 採用しない
 首都直下地震の好ましくない結果 (UDE): 940枚
 首都が持つ特殊性・脆弱性 (Condition): 102枚
 問題に対する対応策 (Action): 101枚

622枚に第1〜4122カテゴリに分類				
10	カテゴリ名	action	condition	合計
1	被害	2	0	2
2	被害	1	0	1
3	被害	7	3	10
4	被害	0	7	7
5	被害	7	8	15
6	被害	3	0	3
7	被害	0	0	0
8	被害	1	0	1
9	被害	7	0	7
10	被害	4	0	4
11	被害	3	0	3
12	被害	1	0	1
13	被害	7	0	7
14	被害	2	0	2
15	被害	0	12	12
16	被害	4	0	4
17	被害	0	0	0
18	被害	15	0	15
19	被害	0	0	0
20	被害	2	2	4
21	被害	2	0	2
22	被害	0	0	0
23	被害	0	0	0
24	被害	0	0	0
25	被害	0	0	0
26	被害	1	0	1
27	被害	4	0	4
28	被害	1	0	1
29	被害	0	0	0
30	被害	2	0	2
31	被害	4	0	4
32	被害	1	0	1
33	被害	0	0	0
34	被害	2	0	2
35	被害	0	1	1
36	被害	0	17	17
37	被害	0	10	10
38	被害	0	0	0
39	被害	0	5	5
40	被害	0	4	4
41	被害	0	3	3
42	被害	0	0	0
43	被害	0	0	0
44	被害	0	0	0
45	被害	0	0	0
46	被害	0	0	0
47	被害	0	0	0
48	被害	0	0	0
49	被害	0	0	0
50	被害	0	0	0
51	被害	0	0	0
52	被害	0	0	0
53	被害	0	0	0
54	被害	0	0	0
55	被害	0	0	0
56	被害	0	0	0
57	被害	0	0	0
58	被害	0	0	0
59	被害	0	0	0
60	被害	0	0	0
61	被害	0	0	0
62	被害	0	0	0
63	被害	0	0	0
64	被害	0	0	0
65	被害	0	0	0
66	被害	0	0	0
67	被害	0	0	0
68	被害	0	0	0
69	被害	0	0	0
70	被害	0	0	0
71	被害	0	0	0
72	被害	0	0	0
73	被害	0	0	0
74	被害	0	0	0
75	被害	0	0	0
76	被害	0	0	0
77	被害	0	0	0
78	被害	0	0	0
79	被害	0	0	0
80	被害	0	0	0
81	被害	0	0	0
82	被害	0	0	0
83	被害	0	0	0
84	被害	0	0	0
85	被害	0	0	0
86	被害	0	0	0
87	被害	0	0	0
88	被害	0	0	0
89	被害	0	0	0
90	被害	0	0	0
91	被害	0	0	0
92	被害	0	0	0
93	被害	0	0	0
94	被害	0	0	0
95	被害	0	0	0
96	被害	0	0	0
97	被害	0	0	0
98	被害	0	0	0
99	被害	0	0	0
100	被害	0	0	0
101	被害	0	0	0
102	被害	0	0	0
103	被害	0	0	0
104	被害	0	0	0
105	被害	0	0	0
106	被害	0	0	0
107	被害	0	0	0
108	被害	0	0	0
109	被害	0	0	0
110	被害	0	0	0
111	被害	0	0	0
112	被害	0	0	0
113	被害	0	0	0
114	被害	0	0	0
115	被害	0	0	0
116	被害	0	0	0
117	被害	0	0	0
118	被害	0	0	0
119	被害	0	0	0
120	被害	0	0	0
121	被害	0	0	0
122	被害	0	0	0
123	被害	0	0	0
124	被害	0	0	0
125	被害	0	0	0
126	被害	0	0	0
127	被害	0	0	0
128	被害	0	0	0
129	被害	0	0	0
130	被害	0	0	0
131	被害	0	0	0
132	被害	0	0	0
133	被害	0	0	0
134	被害	0	0	0
135	被害	0	0	0
136	被害	0	0	0
137	被害	0	0	0
138	被害	0	0	0
139	被害	0	0	0
140	被害	0	0	0
141	被害	0	0	0
142	被害	0	0	0
143	被害	0	0	0
144	被害	0	0	0
145	被害	0	0	0
146	被害	0	0	0
147	被害	0	0	0
148	被害	0	0	0
149	被害	0	0	0
150	被害	0	0	0
151	被害	0	0	0
152	被害	0	0	0
153	被害	0	0	0
154	被害	0	0	0
155	被害	0	0	0
156	被害	0	0	0
157	被害	0	0	0
158	被害	0	0	0
159	被害	0	0	0
160	被害	0	0	0
161	被害	0	0	0
162	被害	0	0	0
163	被害	0	0	0
164	被害	0	0	0
165	被害	0	0	0
166	被害	0	0	0
167	被害	0	0	0
168	被害	0	0	0
169	被害	0	0	0
170	被害	0	0	0
171	被害	0	0	0
172	被害	0	0	0
173	被害	0	0	0
174	被害	0	0	0
175	被害	0	0	0
176	被害	0	0	0
177	被害	0	0	0
178	被害	0	0	0
179	被害	0	0	0
180	被害	0	0	0
181	被害	0	0	0
182	被害	0	0	0
183	被害	0	0	0
184	被害	0	0	0
185	被害	0	0	0
186	被害	0	0	0
187	被害	0	0	0
188	被害	0	0	0
189	被害	0	0	0
190	被害	0	0	0
191	被害	0	0	0
192	被害	0	0	0
193	被害	0	0	0
194	被害	0	0	0
195	被害	0	0	0
196	被害	0	0	0
197	被害	0	0	0
198	被害	0	0	0
199	被害	0	0	0
200	被害	0	0	0
201	被害	0	0	0
202	被害	0	0	0
203	被害	0	0	0
204	被害	0	0	0
205	被害	0	0	0
206	被害	0	0	0
207	被害	0	0	0
208	被害	0	0	0
209	被害	0	0	0
210	被害	0	0	0
211	被害	0	0	0
212	被害	0	0	0
213	被害	0	0	0
214	被害	0	0	0
215	被害	0	0	0
216	被害	0	0	0
217	被害	0	0	0
218	被害	0	0	0
219	被害	0	0	0
220	被害	0	0	0
221	被害	0	0	0
222	被害	0	0	0
223	被害	0	0	0
224	被害	0	0	0
225	被害	0	0	0
226	被害	0	0	0
227	被害	0	0	0
228	被害	0	0	0
229	被害	0	0	0
230	被害	0	0	0
231	被害	0	0	0
232	被害	0	0	0
233	被害	0	0	0
234	被害	0	0	0
235	被害	0	0	0
236	被害	0	0	0
237	被害	0	0	0
238	被害	0	0	0
239	被害	0	0	0
240	被害	0	0	0
241	被害	0	0	0
242	被害	0	0	0
243	被害	0	0	0
244	被害	0	0	0
245	被害	0	0	0
246	被害	0	0	0
247	被害	0	0	0
248	被害	0	0	0
249	被害	0	0	0
250	被害	0	0	0
251	被害	0	0	0
252	被害	0	0	0
253	被害	0	0	0
254	被害	0	0	0
255	被害	0	0	0
256	被害	0	0	0
257	被害	0	0	0
258	被害	0	0	0
259	被害	0	0	0
260	被害	0	0	0
261	被害	0	0	0
262	被害	0	0	0
263	被害	0	0	0
264	被害	0	0	0
265	被害	0	0	0
266	被害	0	0	0
267	被害	0	0	0
268	被害	0	0	0
269	被害	0	0	0
270	被害	0	0	0
271	被害	0	0	0
272	被害	0	0	0
273	被害	0	0	0
274	被害	0	0	0
275	被害	0	0	0
276	被害	0	0	0
277	被害	0	0	0
278	被害	0	0	0
279	被害	0	0	0
280	被害	0	0	0
281	被害	0	0	0
282	被害	0	0	0
283	被害	0	0	0
284	被害	0	0	0
285	被害	0	0	0
286	被害	0	0	0
287	被害	0	0	0
288	被害	0	0	0
289	被害	0	0	0
290	被害	0	0	0
291	被害	0	0	0
292	被害	0	0	0
293	被害	0	0	0
294	被害	0	0	0
295	被害	0	0	0
296	被害	0	0	0
297	被害	0	0	0
298	被害	0	0	0
299	被害	0	0	0
300	被害	0	0	0
301	被害	0	0	0
302	被害	0	0	0
303	被害	0	0	0
304	被害	0	0	0
305	被害	0	0	0
306	被害	0	0	0
307	被害	0	0	0
308	被害	0	0	0
309	被害	0	0	0
310	被害	0	0	0
311	被害	0	0	0
312	被害	0	0	0
313	被害	0	0	0
314	被害	0	0	0
315	被害	0	0	0
316	被害	0	0	0
317	被害	0	0	0
318	被害	0	0	0
319	被害	0	0	0
320	被害	0	0	0
321	被害	0	0	0
322	被害	0	0	0
323	被害	0	0	0
324	被害	0	0	0
325	被害	0	0	0
326	被害	0	0	0
327	被害	0	0	0
328	被害	0	0	0
329				

災害対応課題	1Hrs	10Hrs	10 ² Hrs	10 ³ Hrs	10 ⁴ Hrs	10 ⁵ Hrs
失見当 Disorientation						
命を守る活動 Response						
社会のフローの 復旧活動 Relief						
社会のストックの 再建活動 Recovery						
情報と資源の管理 Logistics/Planning						

図 10 第2回ファシリテーターワークショップの結果

ぶことで、それまで認識できなかった問題対象の現状を明らかにするものである。それ故、図形のつながり方は中核問題を見つけ問題解決に至るまでの重要なポイントとなる。しかし、第2回全体ワークショップの成果物はTOCの論理思考プロセスの記述ルールによりまだ不十分なところがあると考えられた。よって、成果物をよりよく利用するため、ファシリテータがTOCの論理思考プロセスの記述ルールに忠実に従って成果物の再考作業を行った。一方で、成果物の再考作業によりTOCの論理思考プロセスに従った問題を構造化するノウハウがまとめられ、次回の全体ワークショップで参加者と共有し、問題構造化を解明するパフォーマンスを向上させることが期待できる。

(5) 第3回全体ワークショップ

都心地域においての首都直下地震で想定される特徴は「高層建築」「大深度地下」「各種中枢に関する被害が深刻」である点を考慮し、第3回全体ワークショップ（都心ワークショップ）に取り組み、都心地域での首都直下地震の問題を集中的に検討し、首都直下地震の問題構造をさらに明らかにした。

第3回全体ワークショップでは、これまでの経験を踏まえ、地理要素・時間要素などを考慮し、19個の問題構造が作成された。「交通（道路）」について、発災後1,000時間以内の社会フローの復旧に関する問題を中心に作られた問題構造である。因果関係を56個のエンティティで詳しく表現されている。しかし、都心ワークショップでも以下の2つの問題が現れた（図11）。

(6) 第3回ファシリテーター・ワークショップ

a) 論理思考プロセス目標の再確認

第3回全体ワークショップで提起された完成した問題構造をどのように使うのかという疑問を答えるため、TOCの論理思考プロセスの達成すべき目標を再確認した。TOCではボトルネックの解消を問題解決と考える。論理思考プロセスでは、論理構造の明確化を通して、その問題構造に潜む「根本的な対立（中核対立）」を同定し、その解決法を探すことを行っている。これまでのワークショップでは、TOCの論理思考プロセスの目指す目標は中核対立を見出すために論理構造の明確化を行ってきた。ある程度問題構造の明確化がなされた段階で、それは中核対立を明示させ、中核対立に基づいて解消策を提示するのが防災対策になることを再確認した。

論理思考プロセスに厳密に従うと、本来は現状問題構

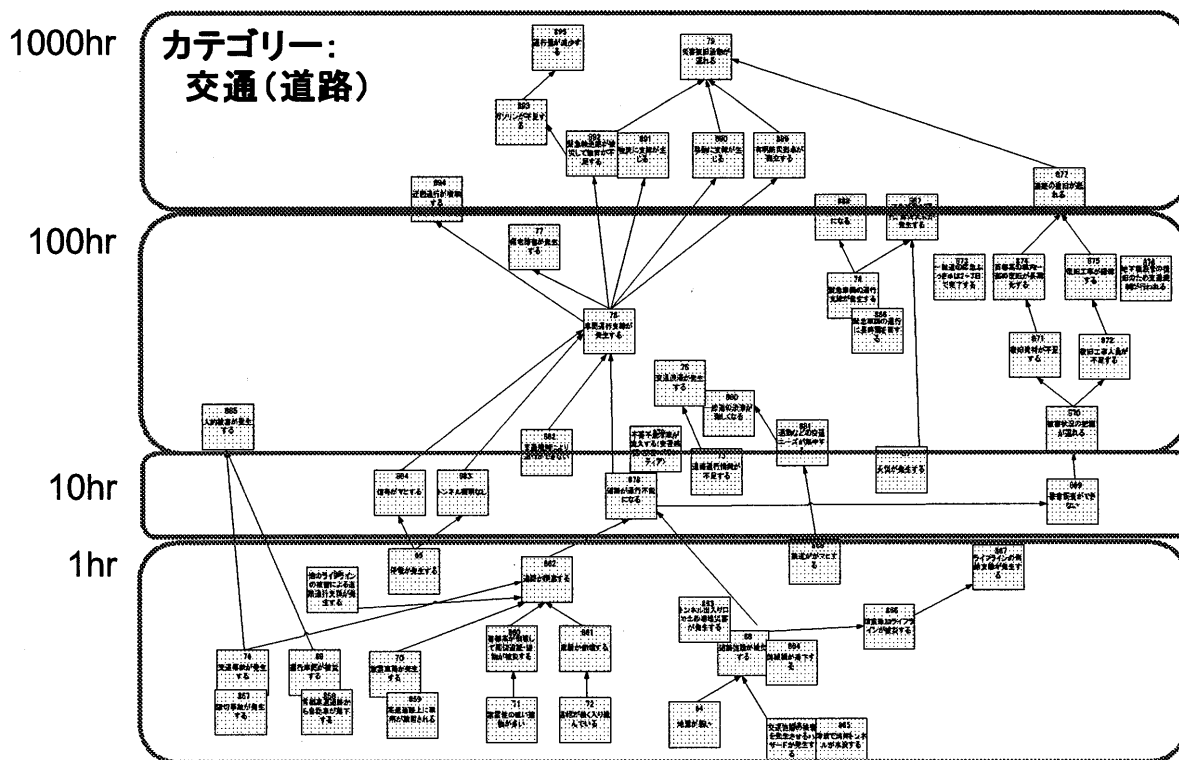


図 11 第3回全体ワークショップの結果（交通）

造ツリーにより中核の対立を明確にして、そこから対立を解消するための対策を考えだして、さらに現状問題構造ツリーをもってこの対策は現状を改善させたかどうかを検証するというステップが提案されている。しかし、地震災害は極めて複雑な様相を持つ。特に、首都直下地震の場合、このようなステップに従えば、きわめて膨大な作業時間を必要とすると考えられる。一方で、限られた時間内に有効な対策の立案が求められる首都直下地震の問題構造の明確化では、きわめて複雑の現状問題構造ツリーの完成を追及してから中核対立を明確にするより、ある程度現状問題について議論して、その議論からえられた認識にもとづいて中核対立を明確にし、明確になった中核対立を中心にすえて現状問題構造ツリーを完成させていく方法がより迅速に目標達成につながると考えた。

この結論に基づいて、カテゴリ「空地」を事例として、中核対立を明確化させる作業を試験的に実施した。その結果、これまで「空地」の現状問題構造ツリーを構造化するために考えられたエンティティの一部を用いて、中核対立を明示することが可能であることが明らかになった。下の図に示すように「空地」問題においては、「被災地内に空地が必要である」と「被災地内に空地が少ない」という中核対立の存在が同定され、それ解消するための複数の対策案を提案できた(図 12)。このように、ある程度の問題の構造化が完成した段階で中核対立について対立解消図を作成するという作業手順の採用は有効であるといえる。

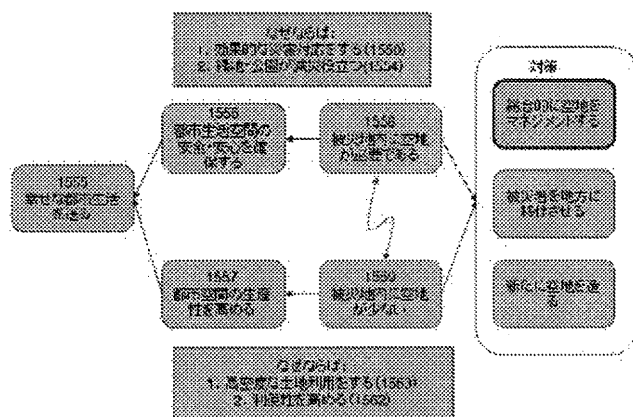


図 12 第3回ファシリテーターワークショップの結果(空地)

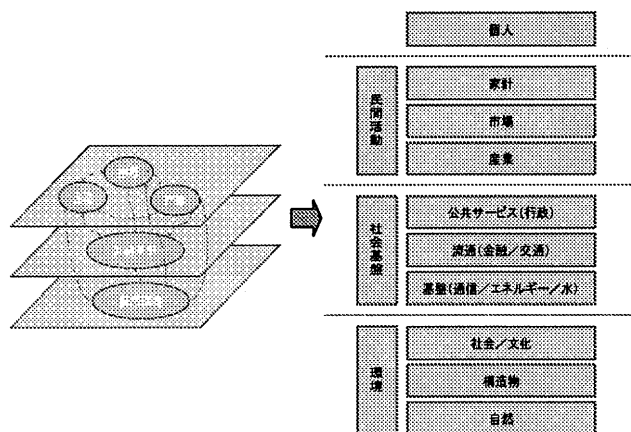


図 13 地震災害対応における社会システムの構造

b) Super Structure (社会モデル) の明示

構造化しにくいカテゴリに対しては、カテゴリ間の Super Structure から問題構造を検討する必要があると結論できた。米国における国土安全保障に関する科学技術研究開発のなかで「重要な社会基盤防護 CIP (Critical Infrastructure Protection)」に関する研究では⁸⁾、一般的に社会基盤システムは 3 層からなるものと説明されている。もっとも基底となるのは、水、エネルギー、通信というもっとも基本となる社会基盤である。それらを利用しつつ第 2 層目の金融や交通システムが機能する。それら 2 層目の社会基盤システムが提供する機能を利用しつつ、物流、食糧確保、防災、医療、教育といった各種社会サービスを提供する最上層を形成するというモデルである。このモデルは公的な社会活動をなす主体が 3 層に分類でき、各層間は機能を介して連結しているという考え方を提起している。同様に民間活動を見ると、そこには産業、市場、家計という 3 層の存在が指摘でき、それらが機能を介して結合していると考えられる。さらに公的な社会活動は地震災害のように環境の異変の影響によって、その活動が左右されることから、社会活動の層の下に、それらの機能を規定する環境の層の存在も示唆される。この環境の層では、もっとも基底となる自然環境の層、その上に構築される施設構造物の層、それらをもとに営まれる社会・文化の層である。これまでの議論をまとめると、社会は相互に機能で結ばれた都合 9 層で構成される社会活動としてモデル化できることになる。これを社会構造の Super Structure とよぶ(図 13)。

これまでの社会構造の Super Structure モデルを地震災害に当てはめてみると、地震災害によって発生する問題は社会構造の Super Structure モデルのどこかの層で発生するといえる。これまで分析してきた 22 個の問題構造についていえば、問題構造がひとつの層に集中しているものもあれば、複数の層に分散しているものもあることがわかる(表 2)。今まで完成した問題構造の中で、構造化が完成に近いカテゴリは単一の層にエンティティが集中するものが多かった。一方、構造化しにくいカテゴリでは、複数の層にまたがってエンティティが存在している場合が多いことが明らかになった。この発見を踏まえ、問題構造が社会構造の Super Structure モデルのどの層に関わるものかを考慮しながら、今までの問題構造の成果物を完成度(かかわるレイアウトに関する問題の因果関係は分析できたかどうか)を整理さしてみると、単一層で収束する「交通」「避難」「医療」「避難所」

表 2 22 カテゴリの位置づけ

	民間活動				社会基盤		環境		個人	家計	市場	産業	公共サービス	流通(金融/交通)	通信・エネルギー・水	社会・文化	構造物	自然
	個人	家計	市場	産業	公共サービス	流通(金融/交通)	通信・エネルギー・水	社会・文化	個人	家計	市場	産業	公共サービス	流通(金融/交通)	通信・エネルギー・水	社会・文化	構造物	自然
1.被害者																		
2.被害者																		
3.被害者																		
4.被害者																		
5.被害者																		
6.被害者																		
7.被害者																		
8.被害者																		
9.被害者																		
10.被害者																		
11.被害者																		
12.被害者																		
13.被害者																		
14.被害者																		
15.被害者																		
16.被害者																		
17.被害者																		
18.被害者																		
19.被害者																		
20.被害者																		
21.被害者																		
22.外国人																		

「火災」は完成度が高いことが確認された。

(7) 第4回ファシリテーター・ワークショップ

山の地域においての首都直下地震で想定される特徴である「火災・流浪者に関する被害が深刻」である点を考慮した。それに加えて、いままでの全体ワークショップの成果とファシリテーターワークショップの分析結果をもって、完成度の高いカテゴリー以外の内容について、中核対立を中心とした問題構造を完成させることに力点を置いた。

本ワークショップでは、今までの経験を踏まえ、地理、時間、レイアウト、対立などの要素を考慮して、因果関係について詳しく分析した。その結果、8カテゴリーに対して中核対立の検討し、12個の問題構造を作り上げた。「企業」について整理した問題構造について詳細に見ると「人を切らざるを得ない」と「人を切ってはいけない」という対立からはじめ、下半部は企業での産業に関する問題についての議論となり、上半部は企業の問題から市場への影響についての議論となった(図14)。

本ワークショップでは、中核対立を中心に問題構造を解明していたので、問題構造を解明する価値を実感でき、今後の目標を見えてきて、作業はかなり進んだと考えられる。一方、視点を変えると、中核対立も変わっていくので、時間をかけていろいろな視点から考えて問題構造を作る必要があるとわかった。

6. まとめ

TOCの論理思考プロセスに従って、4回の全体ワークシ

ョップと3回のファシリテーターワークショップを経て、首都直下地震の問題構造に関するエンティティが増え、問題構造が明らかになってきた。当初は考え出したエンティティの数が少なく、作成された問題構造も妥当性と信頼性が十分なものではなかった。ファシリテーターワークショップを通して、問題構造の解明の進め方を検討し、その結論を次回の全体ワークショップに運用させて、最後は専門家の活躍により、首都直下地震の問題構造を解明することができた。TOC論理思考プロセスを用いてワークショップを通した首都直下地震の問題構造解明手法は以下の4点の効果があると考えられる。1) TOC論理思考プロセスは災害に関する全体像の作成において、どのように使うべきかの手続きが明らかになった。2) 数回のワークショップを通して、問題構造の作業を繰り返して、問題構造のプロセスが見えてきた。3) 首都直下地震全体ワークショップおよびファシリテーターワークショップを通して、首都直下地震の問題構造が作成され、14個の対立が存在することがわかった(表3)。4) 首都直下地震で対応すべきボトルネックとなる課題を発見することができた。

7. 今後の課題

本研究により、TOC論理思考プロセスを基本として、研究会を進める毎に、首都直下地震の全体構造を明らかにするために必要な手続きを踏みながら、徐々に手続きを精度化することについては一定の成果をあげることができた。今後は本手続きが再現可能性を持つかどうかなどの内的妥当性の検証についても取り組む必要がある。

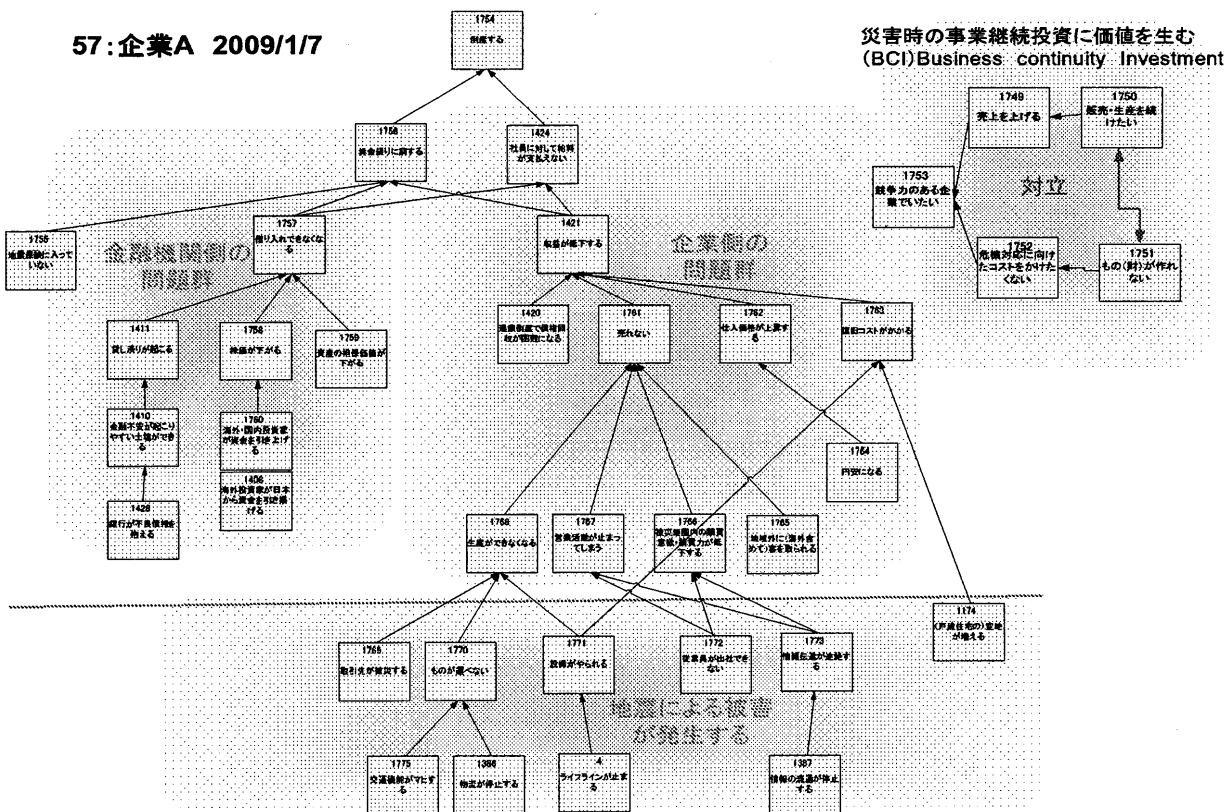


表3 最終的に解明された中核対立と問題構造の一覧

カテゴリー	最終ワークショップ	問題構造の内容	対立
交通(鉄道)	都心	代替機能の問題群, 帰宅困難者の問題群	
交通(道路)	都心	道路管理機能の問題群, 交通渋滞の問題群, 道路復旧の問題群	
避難	下町 +ファシリテーター	避難できない人の問題群, 避難したくない人の問題群	
医療	都心	病院収容能力の問題群, 医療機関設備被災の問題群, 医師・看護婦不足の問題群	
避難所	下町 +ファシリテーター	物理キャパシティ不足の問題群, 避難所運営の問題群	
火災	下町 +ファシリテーター	生活影響になる問題群, 経済影響になる問題群	
地域	山の手	全地域の資源配分の問題群, 自分の地域の資源配分の問題群	D: 全体としての都市計画を見据えて, 全体最適(八都県市の)資源を配分する D': 自分の地域へ必要な資源を集中(調達)させる努力する
支援者	山の手	福祉・介護サービスの問題群, 都市匿名性の問題群	D: 個別避難支援プランを作りたい D': 都市の匿名性を尊敬したい(知られたくないから知りたくない)
通信(情報)	山の手		D: 通信が被災して使えない D': 確実に使える通信が必要である
企業A	山の手	企業自身の問題群, 金融機関の問題群	D: 販売・生産を続けたい D': もの(財)が作れない
企業B	山の手	資金確保の問題群, 人材確保の問題群, 物資確保の問題群, 情報確保の問題群	D: 人を切っけはけない D': 人を切らざるを得ない
社会基盤(電力)		短期停電の問題群, 長期停電の問題群	
社会基盤(水道・ガス)	山の手	震災後の復旧の問題群	D: 早期復旧可能な「体制」とする D': 平常時から体制を確保するのは非効率的である
社会基盤(水道・ガス)	山の手	事前対策の問題群	D: 施設の耐震化が必要である D': 健全な経営を維持する
社会基盤(水道・ガス)	山の手	緊急対策の問題群	D: バックアップ, 設備, 備蓄を充実する D': めったに使わないので他の用途に使用する
衛生	山の手	環境悪化の問題群, 抵抗力低下の問題群, 伝染確率の増加の問題群, 病原体の増加の問題群	D: サービス提供場所を限定させる D': 個別・分散的なサービスを提供する
帰宅困難者	山の手	交通サービス停止の問題	D: 点検のための停止時間を減らす D': しっかり安全確認する
帰宅困難者	山の手	通勤通学者の集中問題	D: 大都心の分散・縮小を推進する D': 経済活動の高密度化・集約化・分業化・ソフト化・情報化を確保する
帰宅困難者	山の手	徒歩帰宅者の同時集中問題	D: 帰宅交通量を分散させるため D': の全体調整を行う徒歩帰宅者の判断に任せる
住まい	山の手	人口流失の問題群, 公営住宅の問題群	D: 公営住宅の建設・維持管理にコストがかかる D': 人口が減って産業が衰退し, コミュニティも崩壊し, 税金が減る
住まい	山の手	仮設住宅の問題群, 建築用地の問題群	D: 建設用地が不足する D': 密集市街地が残る
治安	山の手	犯罪の種類, 防犯力の問題群	

また、本研究で生成された問題構造について、今後具体的な解決策を検討する方向に進むつもりである。また、問題構造によって明らかになった中核問題を中心とした、量の推定を行い、定性のみならず定量的にも検証することで外的妥当性の検討を行う必要がある。

Department of Homeland Security, Research & Development

(原稿受付 2009.5.30)

(登載決定 2009.9.12)

謝辞

本研究は、文部科学省 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト「3. 広域的危機管理・減災体制の構築に関する研究(研究代表者: 林春男 京都大学)」によるものである。

参考文献

- 1) 中央防災会議: 首都直下地震対策大綱, pp.3-5, 2005.
- 2) 地震調査研究推進本部: 地震調査委員会, 公表, 2004.
- 3) 中央防災会議: 被害想定について, pp.2-3, 2005.
- 4) 梶秀樹・塚越功(編著): 都市防災学 地震対策の理論と実践, 学芸出版社, 2007.
- 5) Albeverio S.・Jentsch V.・Kantz H.: Extreme Events in Nature and Society, 2006, Springer, Fig.15.1.Causality network of earthquakes, 2006.
- 6) 内山春幸・中井洋子: ゴールドラット博士の論理思考プロセス, 同友館, pp.1-135, 2007.
- 7) 岸良裕司: 全体最適の問題解決入門, ダイヤモンド社, pp.1-116, 2008.
- 8) http://www.lanl.gov/orgs/chs/biip/cip_dss.shtml, Critica Infrastructure Protection Decision Support System -