

# 大深度地下ライフラインを活用したコンピュータバックアップシステムに関する調査研究

環境工学—都市設備・環境管理  
大深度地下ライフライン  
コンピュータバックアップセンター

準会員○渡辺 一博\*<sup>1</sup> 正会員 増田 幸宏\*<sup>3</sup>  
正会員 松沼 宏樹\*<sup>2</sup> 同 高橋 信之\*<sup>4</sup>  
同 梶川 彩乃\*<sup>2</sup> 名誉会員 尾島 俊雄\*<sup>5</sup>

## 1 はじめに

### 1-1 研究目的

東京都心には重要業務を行う多くの機関や、それを支える情報通信基盤が集中している<sup>(1)</sup>。近年情報化が進む中で、それらの重要業務機関がサーバを社外に設置し、運用・管理することが増加している。このことは、重要業務機関とサーバが置いてある電算センターの間のネットワークが重要になってくることを意味する。

そこで本研究では、東京都心における重要業務機関のコンピュータや、それを支える情報通信基盤の現状を把握するための新たな指標として情報負荷密度マップを作成し、大深度地下ライフラインを活用したコンピュータバックアップシステムの検討を行うための基礎調査とする。

### 1-2 既存研究

早稲田大学尾島研究室では、水やエネルギーを安全に効率よく業務集積地に運ぶ大深度地下ライフラインの研究がなされているが、今回の研究ではその情報インフラとしての活用方法を検討する。以下に大深度地下ライフラインの概要を示す(図1)。

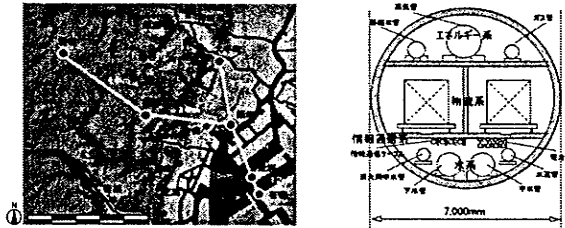


図1 大深度地下ライフライン(ルート、断面)

## 2 コンピュータネットワークの現状調査

### 2-1 情報通信基盤の構築状況と問題点

#### 2-1-1 コンピュータネットワークの構築状況と問題点

非常時における重要業務機関のコンピュータネットワークの構築状況と問題点としては、重要業務を支えているサーバ等のメインコンピュータが外部にあり、重要業務機関はネットワークを介してこれらのコンピュータを利用している形態が多くなっているため、高架や浅深度で地震に対して脆弱な箇所のネットワークが切断した場合、業務が行えなくなる可能性があることである(図2)。重要業務を支えるためのより強固な情報通信基盤が必要である。

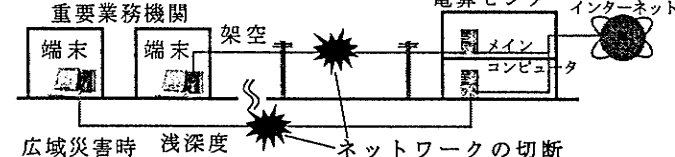


図2 非常時におけるコンピュータネットワーク停止の危険性

### 2-1-2 全国におけるインターネットの現状・問題点

現在のインターネットの問題点は、東京にIX(インターネット上の相互接続ポイント)が集中し、インターネットアクセスの中継点となっているため、この機能が停止すると全国のインターネットに支障をきたすことである(図3)。また、回線容量の約72%が東京都に集中していることから、東京がインターネットの中核を担っていることが分かる(図4)。そのため地震などの広域災害時でも機能するような情報通信基盤の安全性と信頼性の確保が必要である。

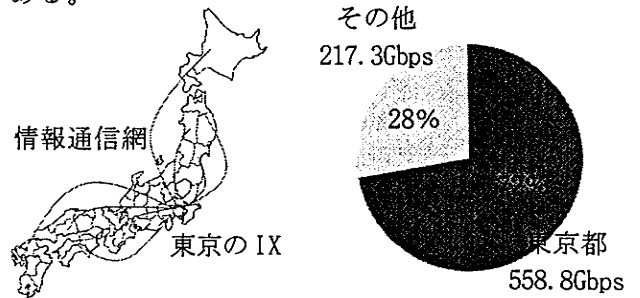


図3 現在のインターネット 図4 全国に占める東京の接続環境の回線容量<sup>(2)</sup>

### 2-1-3 東京におけるインターネットの現状と問題点

インターネットアクセスが集中する東京の中でも、規模において上位3つのIX(JPIX、JP NAP、NSPIX)が大手町に集中している。そしてISP(インターネット・サービス・プロバイダー)がこのIXで回線を接続しあうため、トラヒック(インターネット上を流れている情報量。単位はbps)が大手町に集中している(図5)。

また2008年には現在の6倍にあたる547GbpsのトラヒックがこのIXを流れると予想されており<sup>(3)</sup>、将来トラヒックを処理するための設備が不足する可能性がある(図6)。そこで、トラヒックの増加に対応できる処理能力を持つ情報通信基盤の整備が必要である。

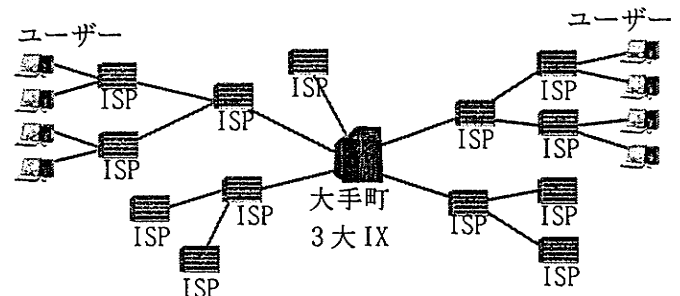


図5 大手町へのトラヒック一極集中

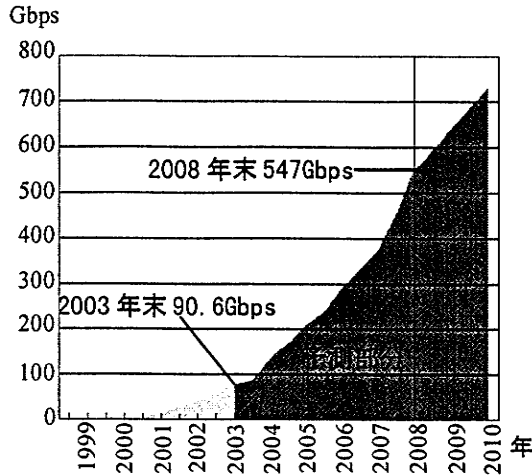


図6 3大IXにおける合計トラフィックの推移と予測 (2)

### 3 情報負荷密度マップの作成・分析

#### 3-1 情報負荷密度マップ作成の目的

大深度地下インフラが強固で地震などの災害に対する堅牢性が高い空間に設置されていることを考慮すると、常時ではIX機能とトラフィックの分散、非常時ではより安全性の高い情報通信系のライフラインとして活用できる可能性があると考えられる。

そこで、重要業務機関の情報通信機器等が集中する箇所の特定や、それを支える情報通信基盤の現状を把握するための新たな指標として「情報負荷密度マップ」を作成する (3)。このマップをもとに重要業務機関の情報通信機器が集中する箇所を考察し、大深度地下インフラを活用するのに有効な地域や、立坑の立地などを検討する。

#### 3-2 情報負荷密度マップの定義

「情報負荷密度マップ」とは中央防災会議で選定された重要業務機関 (表1) のコンピュータ (サーバやコンピュータ端末) の所在地、台数、また主要な通信網、通信拠点を表記した以下の4つのマップとする (3-3-1~3-3-4)。

表1 重要機関リスト (4)

分類	重点的な対策を講じるべき対象
本社機能	大手都市銀行
金融取引	日本銀行
	全国銀行協会、東京銀行協会
	東京証券取引所
	外国為替ブローカー
	電力事業者
ライフライン	通信事業者
	インターネットサービスプロバイダー (ISP)
	インターネット・エクスチェンジ事業者
	都市ガス事業者
	水供給主体
	非常電源用燃料供給事業者
	道路 (JH、首都高)
交通	幹線鉄道 (JR、民鉄、地下鉄)
	港湾 (東京・横浜港)
	空港 (成田・羽田)、航空管制施設
	情報サービス
放送局	
政府中枢	中央省庁

### 3-3 情報負荷密度マップの作成

#### 3-3-1 コンピュータ所在地マップ

基幹業務を担っているサーバ等のメインコンピュータの設置箇所を表すマップである (図7)。

#### 3-3-2 コンピュータの重要度ランク別マップ

コンピュータ所在地マップもとに重要度の高い順にA、B、Cとランク分けし (表2)、それぞれ、設置箇所と台数の分布を表したマップである (図9、図11、図13)。

表2 コンピュータの重要度ランク分け

ランク	コンピュータ	通用業務
A	スーパーコンピュータ メインフレーム	構造解析、流体解析、気象分析 リアルタイム処理 銀行のオンラインシステム
B	ワークステーション サーバ	グラフィックス処理、高度な数値計算 ネットワークでのクライアントやサーバ ソフトウェア開発
C	ミニコンピュータ オフィスコンピュータ	事務処理、技術計算 グラフィックス処理

#### 3-3-3 端末台数マップ

コンピュータ端末の設置箇所と台数の分布を表したマップである (図15)。端末台数は延床面積に比例するものとし、以下の方法で計算した。

$$\blacksquare \text{ 端末台数 (台)} = \frac{\text{重要機関の延床面積 (m}^2\text{)}}{\text{事務所建築における1人当たりの延床面積: 11 (m}^2\text{/人)} (5)}$$

×従業員1人当たりの端末台数: 1 (台/人)

#### 3-3-4 通信拠点・ネットワークマップ

主要な情報通信網になっていると考えられる国道・共同溝・地下鉄の光ファイバー、またIX、新規IX、iDC (インターネット・データセンター)、交換局などの通信拠点を表したマップである (図17、図18)。

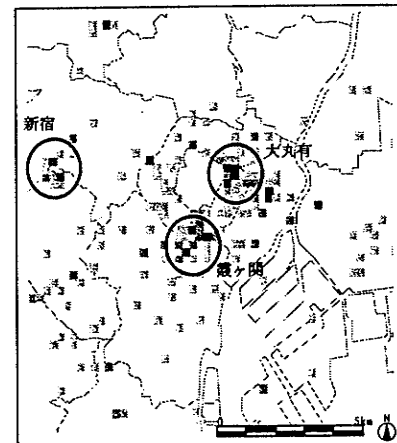


図7 コンピュータ所在地マップ

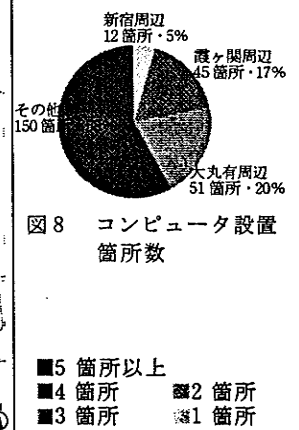


図8 コンピュータ設置箇所数

■5箇所以上  
■4箇所  
■3箇所  
■2箇所  
■1箇所

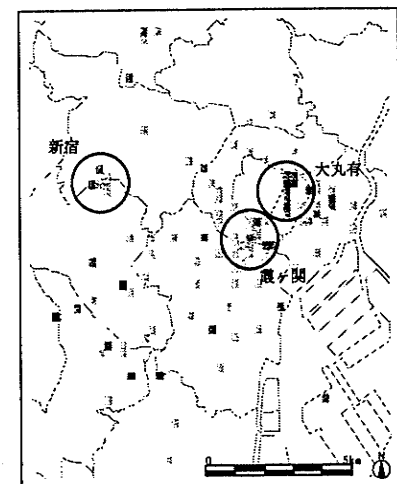


図9 Aランクマップ

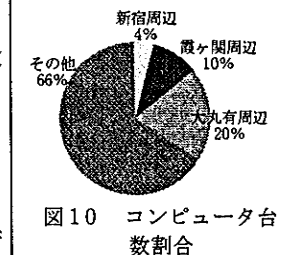


図10 コンピュータ台数割合

■30台以上  
■20台以上  
■10台以上  
■5台以上  
■5台未満

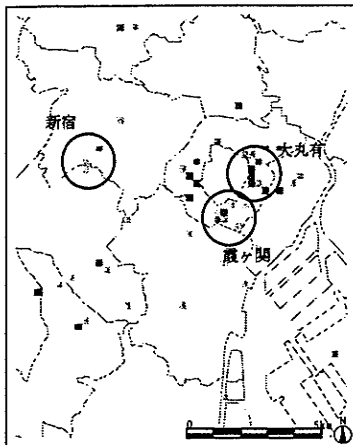


図11 Bランクマップ

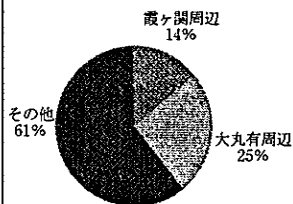


図12 サーバ台数割合

■300 台以上  
 ■200 台以上 ■30 台以上  
 ■100 台以上 ■30 台未満

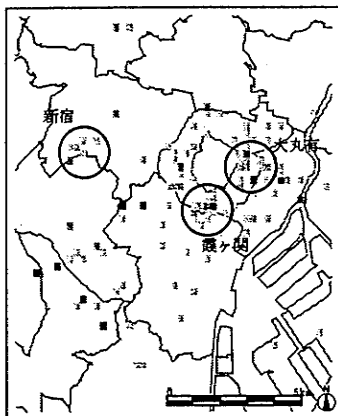


図13 Cランクマップ

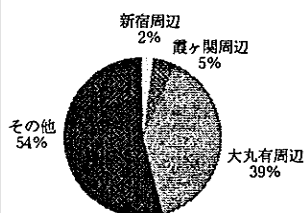


図14 サーバ台数割合

■2000 台以上  
 ■1000 台以上 ■200 台以上  
 ■500 台以上 ■200 台未満

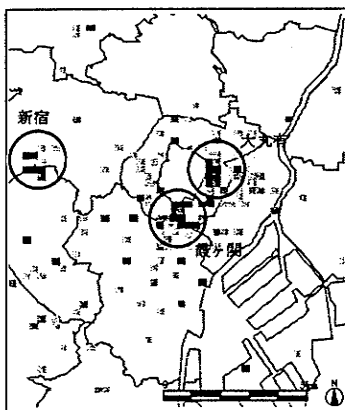


図15 端末台数マップ

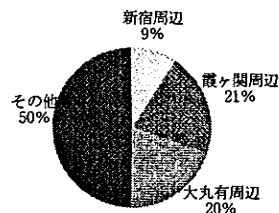


図16 端末台数割合

■1 万台以上  
 ■7 千台以上 ■3 千台以上  
 ■5 千台以上 ■3 千台未満

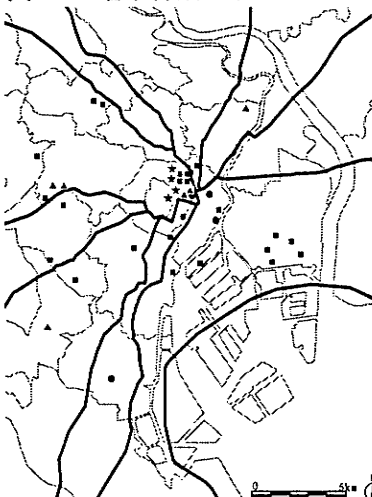
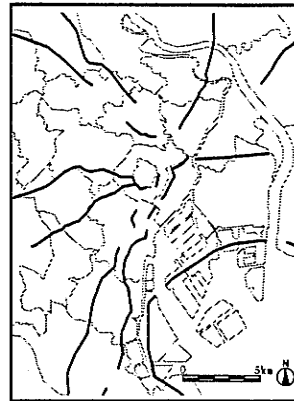
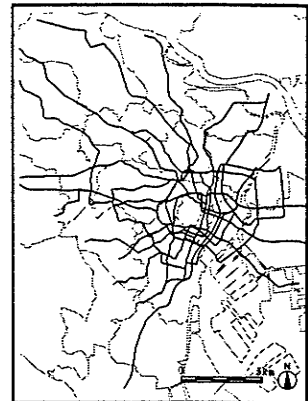


図17 通信拠点・ネットワークマップ(国道光ファイバー)

— 国道下光ファイバー  
 ★ IX  
 ● 新規 IX\*  
 ▲ 交換局  
 ■ インターネットデータセンター  
 ※ 大手町 IX の機能を分散させるための IX



共同溝光ファイバー



地下鉄光ファイバー

図18 通信拠点・ネットワークマップ(共同溝、地下鉄)  
 3-3 情報負荷密度マップの分析

図7~図15の分布図より、新宿・大手町・霞ヶ関・六本木周辺にサーバやコンピュータ端末が集中していることが分かる。特に端末では図16よりこれらの地区への集中が顕著に見られ、これらの地域の合計が23区の約50%を占めている。以上より、これらの地域は重要業務を支えるためのより強固な情報通信基盤が必要であると考えられる。新宿・大手町・六本木に大深度地下インフラの立坑を設け、ネットワークを強化することは有意義なことだと考えられる。

また図17、図18の通信拠点・ネットワークマップより共同溝・国道の光ファイバーが大手町の通信拠点を中心に集まってきており、トラヒックが大手町に一極集中していることが分かる。なお、大手町にある通信拠点とは3大IXを含めた5つのIX、2つの交換局、4つのiDCである。関東大震災時震度6強だったと予想されていることから分かるように(図19)、以前大手町は入り江であったため地盤が弱い可能性が高く(図20)、今後の地震でも、大きな揺れが起こる可能性がある。そこで、同時被災性の軽減やトラヒックの分散を図るためには、大手町と対をなすiDCやIXなどの通信拠点が必要であると考えられる。



■震度7  
 ■震度6強 ■震度5強  
 ■震度6弱 ■震度5弱

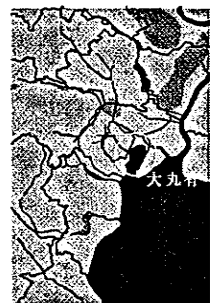


図20 1460年代東京地形図。

図19 関東大震災時の震度予測。

#### 4 大深度地下インフラを活用した提案

##### 4-1 非常時におけるバックアップシステムの提案

以上の検討をふまえ、大手町、六本木、新宿を大深度地下インフラで結び、通信基盤を強化する提案を行う。また重要業務機関で取り扱われている情報のバックアップを新宿の新規iDCで行う提案をする(図20)。

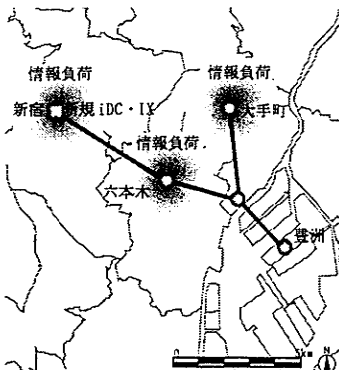


図21 非常時におけるバックアップシステムの提案

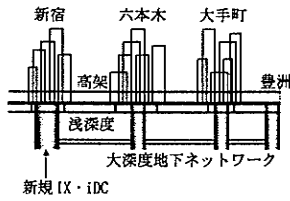


図22 大深度インフラ断面図

4-2 非常時における通信網のリダンダンシー確保の提案

インターネットの相互接続点となるIXを大深度地下インフラで結ぶことにより、非常時における相互補完を新規IX、大手町IXで行うことができる。またIX周辺の通信回線のリダンダンシーを確保し、地震のような非常時でも日本各地からのIXへのアクセスを可能にし、インターネットが停止しないようにする(図22)。

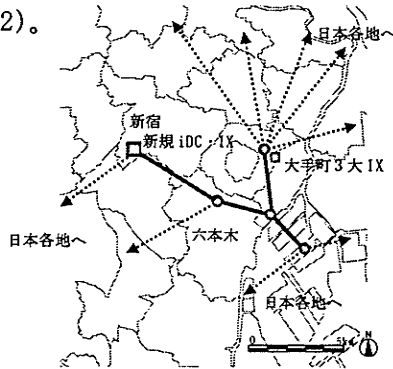


図23 非常時における通信網のリダンダンシー確保の提案

4-3 常時におけるトラヒック分散の提案

現状ではプロバイダー同士が図24のように大手町の3大IXを介して回線を接続しているためトラヒックが大手町に集中する。そこで、常時の機能としては、図25のように大深度地下インフラを介してプライベート・ピアリングを行い、新宿の新規IXと大手町の3大IXでトラヒックを分散処理することで、トラヒックの増加に対応する(図24、図25)。

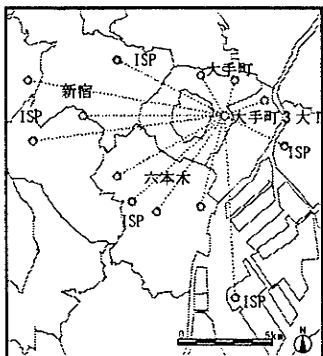


図24 トラヒック集中の現状

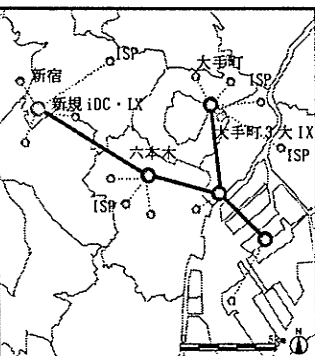


図25 トラヒック分散の提案モデル

5 まとめと今後の課題

5-1 結論

本研究では、東京都心におけるコンピュータや情報通信網をはじめとする情報通信基盤の現状について調査し、その現状をより詳細に把握するための指標として情報負荷密度マップを作成した。また、この情報負荷密度マップをもとに、重要業務機関のコンピュータが新宿や六本木、大手町などの業務集積地に集中していることが分かった。また、国道下の光ファイバー・共同溝内光ファイバーなどの情報通信網やIX、交換局、iDCなどの情報通信拠点が大手町に一極集中していることも明らかとなった。

以上のことから、地震などの非常時に都心における重要業務機関のコンピュータをバックアップするための新規iDCと大深度地下インフラを用いたネットワークの強化を提案し、インターネット相互接続点となるIX周辺のネットワークの強化、ネットワークのリダンダンシー確保を図った。また、常時においては、大手町に集中するトラヒックを分散させるため、大深度地下インフラ内でISPが直接接続しあうシステムと、新宿に新規IXを設け大手町のIXとトラヒックを分散処理するシステムを提案した。

5-2 今後の課題

本研究では、重要業務機関で取り扱われている情報のバックアップと、情報通信網の強化、トラヒックの分散に関する提案を行ったが、既存の光ファイバー幹線との接続など詳細な部分に関して検討を行う必要がある。また、あわせて新規iDC・IXの内部に導入する設備に関して詳細な検討を行う必要がある。

日本全国から集中するトラヒックの処理など、東京における情報通信基盤の重要性は今後も変わらないと考えられる。そこで、東京の情報通信基盤を強化し非常時でも機能するライフラインの有効性に関して引き続き定量的な評価を行う必要がある。

参考文献

- (1) 中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」2004年4月26日資料
- (2) 次世代IPインフラ研究会第1回報告書
- (3) 日本経営科学研究所：コンピュータユーザー調査年報2003年版、2003年8月  
(注)今回、プロットしたコンピュータは、コンピュータユーザー調査年報2003年版に掲載されているものを参考にした。調査年報に掲載されているコンピュータには、導入年次が古いものがあり、現在もシステムの一部として稼働しているものと、同じ機能を果たす何らかのコンピュータに更新されているものがあると考えられる。本研究では後者の場合でも、使用されていたコンピュータの性能から、現在でもそのオフィスでは同種の基幹業務を担っているものと考え分布図を作成した。
- (4) 中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」2004年6月30日資料
- (5) 日本建築学会：第2版コンパクト建築資料設計集成、丸善株式会社、2002年2月25日
- (6) 武村雅之：関東大震災、鹿島出版、2003年5月30日

- \*1 早稲田大学理工学部建築学科
- \*2 早稲田大学大学院修士課程
- \*3 早稲田大学理工学部助手・工修
- \*4 早稲田大学理工学総合研究センター教授・工博
- \*5 早稲田大学教授・工博