

# 持続可能な社会を支える地理空間情報基盤

Geospatial Information Platform for Sustainable Society

菅原 敏 下垣 豊 大堀 正人  
Sugawara Satoshi Shimogaki Yutaka Ohori Masato  
森岡 道雄 菊池 雅浩  
Morioka Michio Kikuchi Masahiro

未曾有の被害をもたらした東日本大震災においては、発生直後から復旧・復興に至るまで、地理空間情報が大きな役割を果たしている。日立グループは、緊急衛星画像観測による被災状況画像を政府・被災自治体に無償提供するとともに、地上インフラの脆弱性を補強するため、準天頂衛星システムやIMES（屋内GPS）など、わが国の災害対応能力を向上させる社会インフラの実現にも積極的に取り組んでいる。

近年、大災害に対応するとともに、平常時においても社会インフラの最適化や効率的な都市経営に適応できる地理空間情報基盤が求められている。これを実現するため、日立グループは、都市の構造や活動を可視化できる三次元都市空間モデル、人流やセンサー情報など時々刻々と変動する大量の時空間データを処理する技術、さらには社会基盤情報を円滑に流通させる仕組みづくりを進めている。

## 1. はじめに

東日本大震災では、地震や地盤のずれ、津波によって地上の通信や交通インフラが断絶するとともに、多くの情報が喪失し、救難活動や災害実態の把握にかなりの時間を要するなど、地上系システムの脆（ぜい）弱性が顕在化した。

一方、衛星系のシステムは震災の影響を受けず、震災時の情報流通、状況把握に活用された。中でも、画像衛星、測位衛星からの画像・位置情報を地理情報システムと連携させることにより、被災状況を迅速・的確に把握でき、地理空間情報の重要性が広く認識されることとなった。

地理空間情報は災害時だけでなく、平常時においても社会インフラの最適化や都市経営の効率化に貢献するものであり、今後、さらなる活用が望まれている。

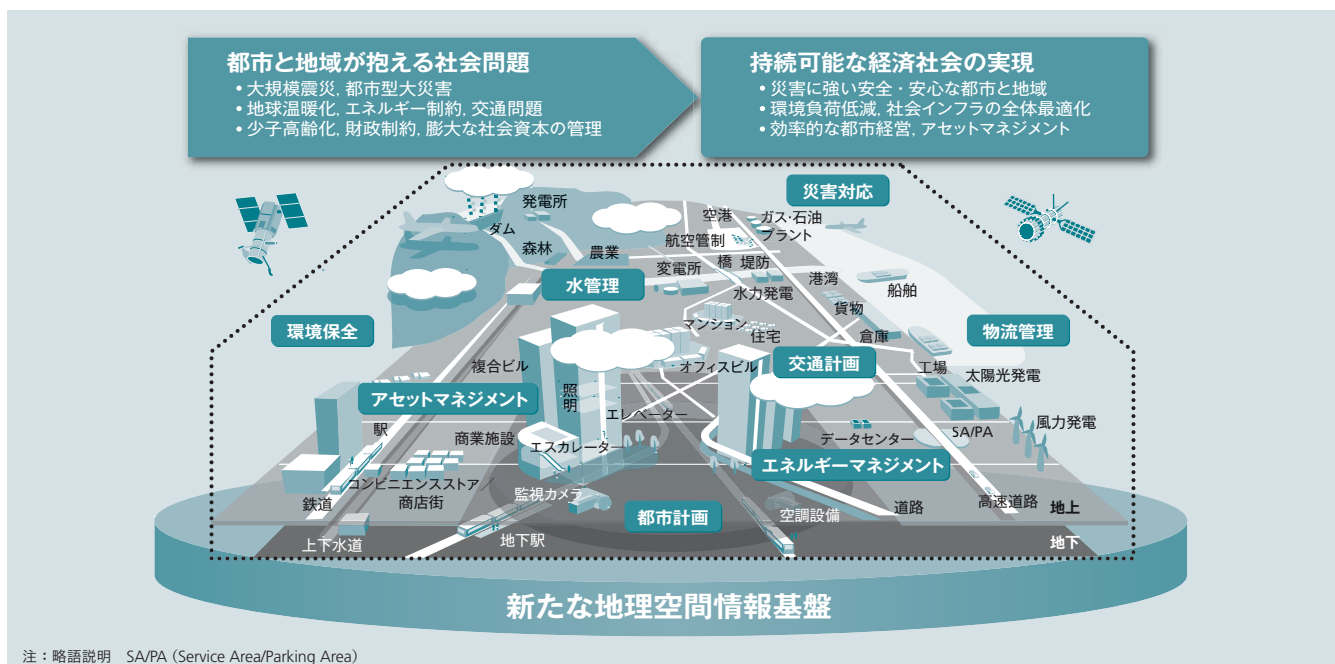


図1 | 新たな地理空間情報基盤

日立グループは、都市の構造や流れを可視化し、社会インフラを最適化する活動に取り組んでいる。

日立グループは、地理空間情報を活用した社会の実現に向け、測位の高精度化や測位情報を活用するための要素技術を開発するとともに、防災・危機管理、交通、物流などの幅広いソリューションを開発している（図1参照）。

ここでは、地理空間情報と準天頂衛星や画像衛星などの宇宙インフラの最新動向、東日本大震災での活用事例、および地理空間情報に関する日立グループの展望について述べる。

## 2. 準天頂衛星と地理空間情報に関する最新動向

2011年9月、政府の宇宙開発戦略本部は、2010年代後半を目処に「実用準天頂衛星システム」の4機体制の国による開発・整備と、内閣府による運用を決定した。これにより、測位衛星が社会インフラとして位置づけられた。

準天頂衛星システムは、日本の天空付近に1機の衛星が必ず8時間程度滞在するという特徴を生かし、数機の衛星システムを切り替えて運用するものである。日本上空をカバーする1機の準天頂衛星と、準天頂衛星以外の3機の測位衛星により、都市部で衛星測位が利用できる地域を約2倍に広げるとともに、測位精度を飛躍的に高めることが可能である。その機能は、(1) GPS (Global Positioning System) の代替または補完機能、(2) GPSの補強機能、(3) 安否確認・避難誘導機能の三つである。また、このシステムは、図2に示すように、アジア・オセアニア地域をカバーすることから、当該地域での活用も見込まれ、日本の国際プレゼンスの向上にも寄与するものと期待されている。

一方、GPSの普及によって利活用が進む地理空間情報

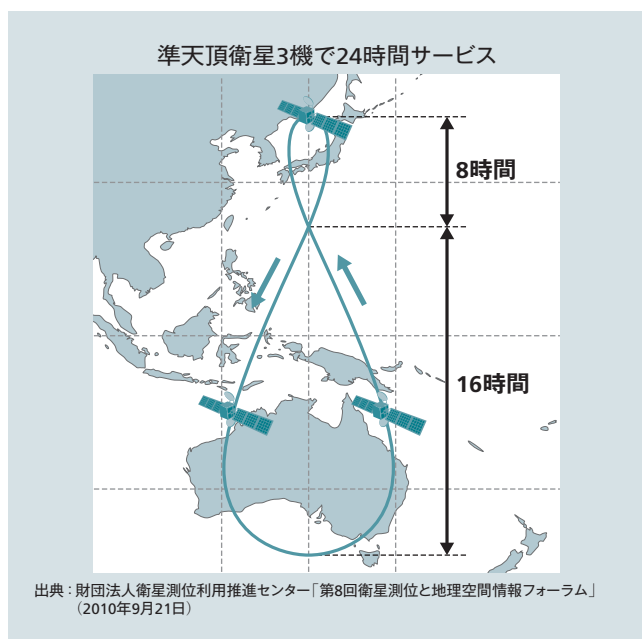


図2 | 準天頂衛星システムのカバー範囲

準天頂衛星システムのカバーエリアは、衛星軌道を中心にしたアジア・オセアニア地域である。

分野では、GPS信号が受信できない屋内空間においても高精度なサービスを提供するため、種々の屋内測位方式の検討が進められている。その中でもJAXA (Japan Aerospace Exploration Agency: 独立行政法人宇宙航空研究開発機構) が考案した「IMES (Indoor Messaging System)」<sup>1), 2)</sup> は屋内GPSとも呼ばれ、GPS信号との親和性が高いことから有力な方式と考えられており、現在、実用化に向けて、信号仕様や運用管理方法、さらには海外展開などの詳細が「IMESコンソーシアム」で検討されている。

日立グループは、財団法人衛星測位利用推進センターが取りまとめる、準天頂衛星の初号機「みちびき」(2010年9月打ち上げ)を活用したアプリケーション実証試験に参加し、測位衛星を活用した社会インフラの実現に向けた活動に取り組んでいる。また、IMESコンソーシアムに参加し、高速化への対応、システムの運用管理など各種活動に取り組んでいる。

## 3. 東日本大震災からの復旧・復興における取り組み

日立グループは、国内で入手できる最高分解能(50 cm四方)の地上画像を東日本大震災発生直後から画像衛星で撮影し、政府や被災自治体に無償で提供してきた。この活動に対して、第177回国会の災害対策特別委員会で内閣府副大臣は、「福島県の罹(り)災証明書発行に効果的であった」という主旨の発言をしている。ここでは、株式会社日立ソリューションズによる緊急衛星画像観測とGeoPDF<sup>※1)</sup>の復興への活用について述べる。

### 3.1 震災発生直後の緊急衛星画像観測

日立ソリューションズは、震災が発生した3月11日の夕刻から衛星画像販売元の米国DigitalGlobe社と緊急観測の話し合いを行い、同日夜には3月12日からの緊急観測体制を整えた。さらに、翌朝にはDigitalGlobe社と、政府機関および救援機関への画像データの無償提供を決定した。

3月12日の緊急観測結果を図3に示す。被災した全沿岸地域を含む43,000 km<sup>2</sup>を超える地域を撮影し、震災発生翌日からデータ提供を開始した。それ以降も緊急衛星画像観測を毎日繰り返し、撮影当日に衛星画像を提供できる体制を整えた。震災発生から1週間の緊急観測の対象地域は延べ130,000 km<sup>2</sup>を超えた。

### 3.2 GeoPDFを活用した震災復興

GeoPDFは、緯度・経度を持つデータをそのままPDF<sup>※2)</sup>

※1) GeoPDFは、TerraGo Technologies, Inc.の米国およびその他の国における商標または登録商標である。

※2) PDFは、Adobe Systems Incorporatedの登録商標または商品名称である。

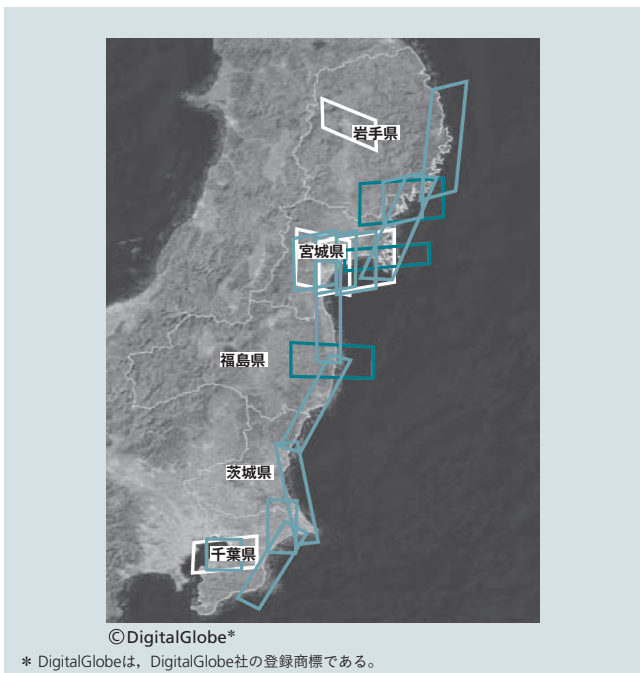


図3 | 2011年3月12日の緊急観測結果

2011年3月12日、3機の衛星により、津波被害が大きいと考えられた岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県の沿岸部を撮影した。濃い青色の枠はWorldView-1の撮影地域、薄い青色の枠はWorldView-2の撮影地域、白い枠はQuickBirdの撮影地域である。

(Portable Document Format) に持たせることができる拡張ファイルフォーマットであり、PDFファイルを電子地図のように扱えるようにするものである。日立ソリューションズは、米国TerraGo Technologies社と2010年から提携し、日本、中国、ロシアを含む23の国と地域において、GeoPDFの生成、編集、利用できる同社製品を共同で開発・販売している。米国では2005年からこのサービスの提供を開始しており、FEMA (Federal Emergency Management Agency of the United States: 連邦緊急事態管理庁) をはじめとする危機管理分野を中心に10,000以上の組織で利用されている。

前述した衛星画像は解像度が高いためデータサイズが極めて大きく、特別な環境や専門的な知識がないと扱づらいが、GeoPDFは衛星画像データを約100倍に圧縮することでこの問題を解消できる。さらに、種々のデータを複数のレイヤで管理するとともに、通常のPDFファイルと同様の操作方法でコメントや図形などを位置情報付きで書き込めるといった利点がある。そのため、GeoPDFは、GIS (Geospatial Information System) の専門知識がない意思決定者にも地理空間情報を活用する機会を提供し、正確な意思決定を支援するツールとして普及しつつある。また、現場では、報告のための情報収集や、GPSと連動した簡易ナビゲーションとしても活用されている。

日立ソリューションズは、緊急衛星画像観測データを活用するプロジェクトを震災発生直後に立ち上げ、3月下旬

から復興支援を目的としたGeoPDFファイルの作成を開始した。GeoPDFファイルがカバーする範囲は、津波被害が甚大だった岩手県、宮城県、福島県の沿岸から5 kmの範囲である。

震災復興向けに配布したGeoPDFファイルの構成を図4に示す。日立グループは、このGeoPDFファイルを2011年4月13日に内閣府へ無償提供し、各県の対策本部を通じて42の自治体へ配布された(図5参照)。震災前の住宅地図と震災後の衛星画像を重ねて比較することができるため、被災市町村の住宅被害の認定をより迅速に行うことに貢献できたと考える。

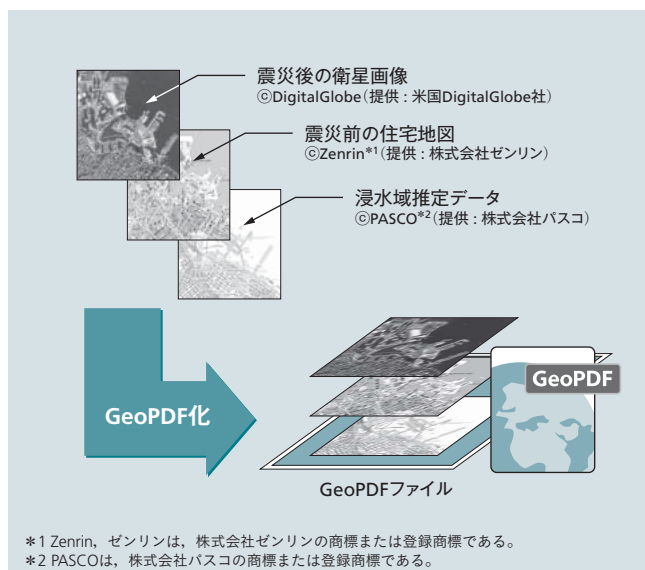


図4 | 震災復興向けに無償配布したGeoPDFファイル構成

米国DigitalGlobe社の震災後の衛星画像と、震災前の住宅地図(提供: 株式会社ゼンリン)・浸水域推定データ(提供: 株式会社パスコ)を重ね合わせ、一つのGeoPDFファイルとした。



図5 | 復興支援GeoPDFファイル(サンプル)

震災後の衛星画像の上に、ゼンリン提供の住宅地図を重ねたものを示す。多くの住宅が流されている様子を一目で確認することができる。なお、サンプルのため、個人宅の表札データを除いている。



#### 4. 地理空間情報における新たな流れ

地理空間情報は、固定資産評価、都市計画、施設管理などに広く利用されているが、減災にも極めて重要な役割を果たすと期待されている。

災害時に確実に利用するためには、平常時にも継続的に運用される地理空間情報基盤が必要である。ここでは、社会インフラの全体最適化や効率的な都市経営などを可能とする新たな地理空間情報基盤に必要な技術と日立グループの取り組みについて述べる。

#### 4.1 三次元都市空間モデルCityGML

Google Earth<sup>※3)</sup>による3D(3-dimensional:三次元)地図や建築分野におけるBIM(Building Information Modeling)など、都市の計画・建設から運営までのライフサイクルを通じた支援を行う3D都市空間モデルが注目されている。3D都市モデルのデータを記憶・交換するフォーマットとして、CityGML(City Geography Markup Language)がある。CityGMLは、自然地物から屋内空間までを均質に扱い、3D幾何形状や3Dトポロジーだけでなく地物の意味も表現できるため、高層ビルや地下街などを含む大規模施設の体積計算、避難経路検索、および空調熱負荷計算など高度な利用が容易になる(図6参照)。

このような特長から、地理空間情報をさまざまな分野へ普及させるために、仕様の標準化が進められている。

2008年に標準仕様CityGML1.0が、地理空間情報に関わる国際標準化推進団体であるOGC<sup>※4)</sup>(Open Geospatial Consortium, Inc.)によって策定された。日立グループは2009年12月から次期仕様策定ワーキンググループ

※3) Google, Google Earthは、Google Inc.の商標または登録商標である。  
※4) OGC, OpenGISは、Open Geospatial Consortium, Inc.の登録商標である。

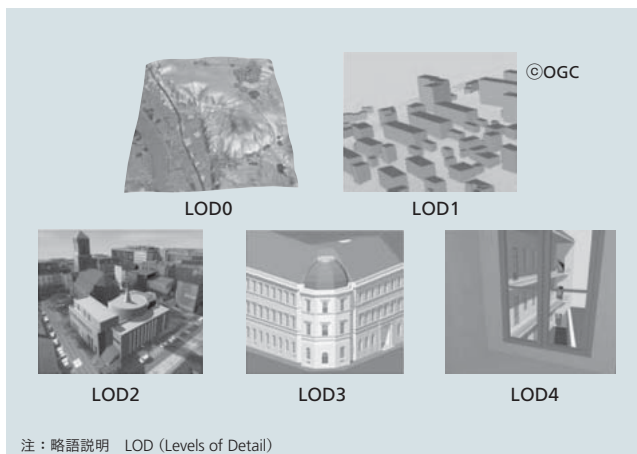


図6 | CityGMLで定義される5段階のデータ表現

CityGMLは、5段階(LOD0~4)で地物の幾何形状・意味・位相を表現できる。LOD0は地形、LOD1以上で建物・道路を記述し、LOD2以上で3D-CG(3-dimensional Computer Graphics)、LOD3・LOD4で3D-CAD(Computer-aided Design)(BIM: Building Information Modeling)と連携できる。

(CityGML Standard Working Group)の立ち上げに参画している。

CityGMLの応用は欧州が先行し、ベルリン市では電力、ガス、上下水道などの複数ライフラインのデータを取り込み、重大なインフラ事故発生時の複合連鎖や被害の推定に利用している。日立グループは、今後この技術をスマートシティ関連の空間的な解析や可視化に活用していく。

#### 4.2 大量の時空間データ処理への期待

日立グループは、東北大学との津波シミュレーションに関する共同開発成果を活用して、沿岸部の都市を対象に津波シミュレーションを実施した。

その結果、M(マグニチュード)9.0の東海・東南海・南海連動型地震が発生しても、沿岸部に建設されている高さ5mの防潮堤に加え、国道に新たに高さ5mの盛土構造の防波堤機能を付加すれば浸水域が減り、在来線への津波の襲来が5分程度遅くなることがわかるなど、このシミュレータが減災に有効であることが確認された。

一方、東京大学空間情報科学研究センターが推進している「人の流れプロジェクト」<sup>3)</sup>は、どのような人がどのような交通手段でどこからどこへ移動したかを全国規模で調べた全国都市圏のパーソントリップ調査データを提供している。これは、人の移動開始点と終点を結ぶ経路の1分ごとの位置を計算したものである。

日立グループは東京大学の同センターとの共同研究で、前述の津波シミュレーション結果とパーソントリップデータを組み合わせ、地震発生直後の避難シミュレーションを実施した。

シミュレーションでは、数万人の避難者が現在位置から最寄りの指定避難ビルに避難する間、押し寄せてくる津波に襲われるか否かを刻々と判定する必要があるが、広域になればなるほど検索・判定・表示に膨大な時間がかかることが予想された。そこで、シミュレーションは、時間と空間に紐(ひも)付いた膨大な時空間データを高速に処理するデータベース管理方法を活用して実施している。

東日本大震災では、死亡者の半数以上が高齢者であり、自動車による避難で発生した渋滞が被害を拡大させたと言われている。このような事態を繰り返さないよう、特に高齢者を対象に、それぞれの避難場所への適切な移動手段はどうあるべきか、避難所の収容能力はどれくらい必要かなどを交通流・人流シミュレーションによって提示することをめざして基盤技術の開発を進めている。

## 5. 新たな地理空間情報社会をめざして

少子高齢化、財政制約、そして災害対応など都市と地域が抱える課題を踏まえ、安心して快適に暮らせる持続可能な経済社会を実現するには、国や地方公共団体が所有する社会資本を効率的かつ効果的に管理・運用すると同時に、持続性を脅かす東日本大震災のようなリスクにも対応できることが重要である。

今後、3D都市モデルの標準化や時空間情報処理技術の高度化とともに、多種多様なデバイスからの大量データがリアルタイムに流通することが期待される。

日立グループは、このような環境を活用して膨大な時空間情報を含むデータを収集・蓄積・分析し、リアルタイムに現実世界へフィードバックさせることで社会インフラを適切に運用したり、複合的な災害発生時にも迅速に対処できる基盤の構築をめざしている(図7参照)。

例えば、天候などの環境データとともに、電力・水の使用量、EV (Electric Vehicle) の充電量などのデータを集約して有意な時空間特性や相関を抽出することで、需給バランスを予測し、効率的に供給することができるようになる。また、携帯電話、交通カードなどの情報を適切に吸い上げ、大規模商業施設内における利用者の通過、滞留を検出することで空調制御を最適化するなど、省エネルギーや節電に貢献できるようになる。このように、施設・設備のエネルギー使用量、温度・湿度などのセンサー情報を組み合わせれば、エリア全体のエネルギー管理の適正化や環境負荷の低減に活用することが可能となる。

さらに、大規模な地震と津波が発生した直後に、海域に配置されたGPS波浪計の観測データを基に津波シミュレータで推定された高さを補正すると同時に、多様なセンサーから人や自動車の流れを把握すれば、適切な避難誘導を可能とするリアルタイム災害対応システムが実現できると思われる(図8参照)。

このためには、国や地方公共団体、公益事業者、民間企業が所有しているデータに関係機関で相互に共有できる基盤の整備が必要である。円滑な情報の流通の仕組みづくりに向けて、日立グループは、産学官で連携した活動を継続していく。

## 6. おわりに

ここでは、地理空間情報と準天頂衛星や画像衛星などの宇宙インフラの最新動向、東日本大震災での活用事例、および地理空間情報に関する日立グループの展望について述べた。

日立グループは、持続可能な経済社会を実現するために必要な3D都市空間モデルや時空間データ処理技術について提案し、今後求められる新たな地理空間情報基盤に必要な技術の開発に取り組んでいる。この基盤は、平常時に継続的に利活用されることでデータの品質や鮮度が維持され、災害時には人的被害や経済的被害を最小限に抑える高度な減災技術となる。

日立グループは、地理空間情報を活用し、公共分野から民間分野までの幅広い分野の多彩なソリューションを発展

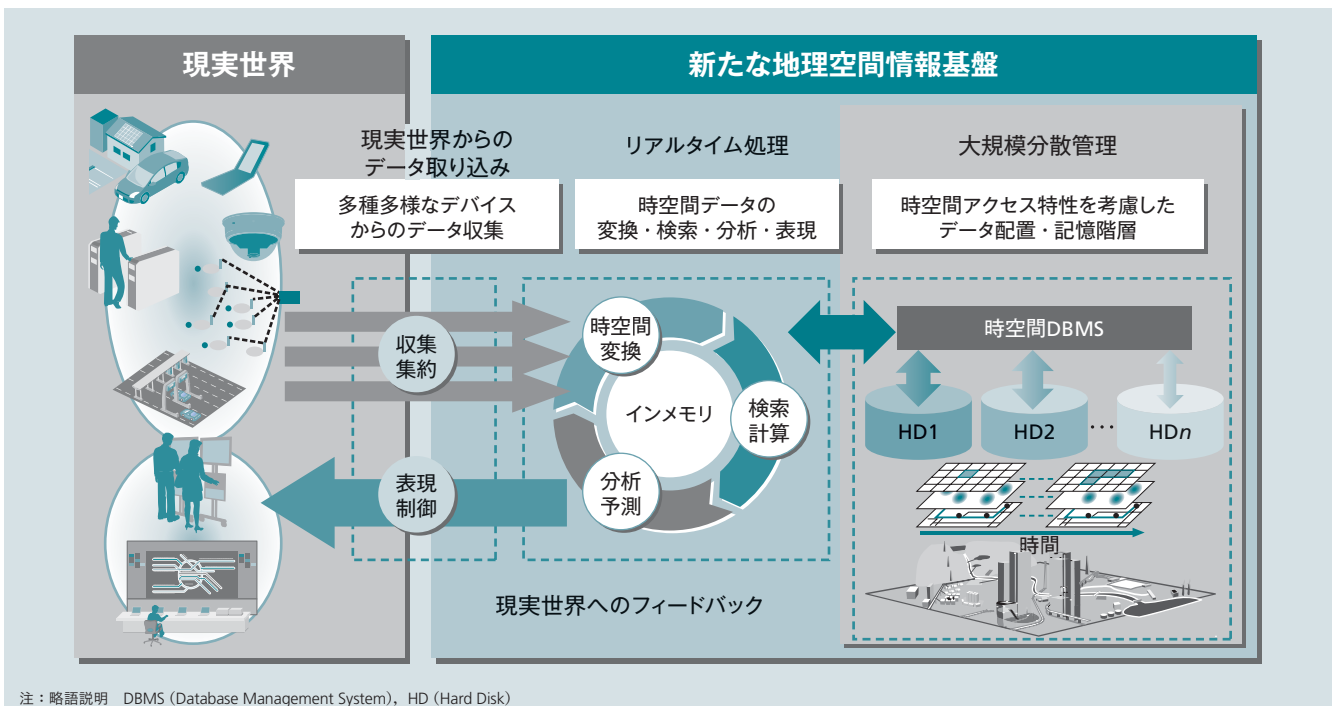
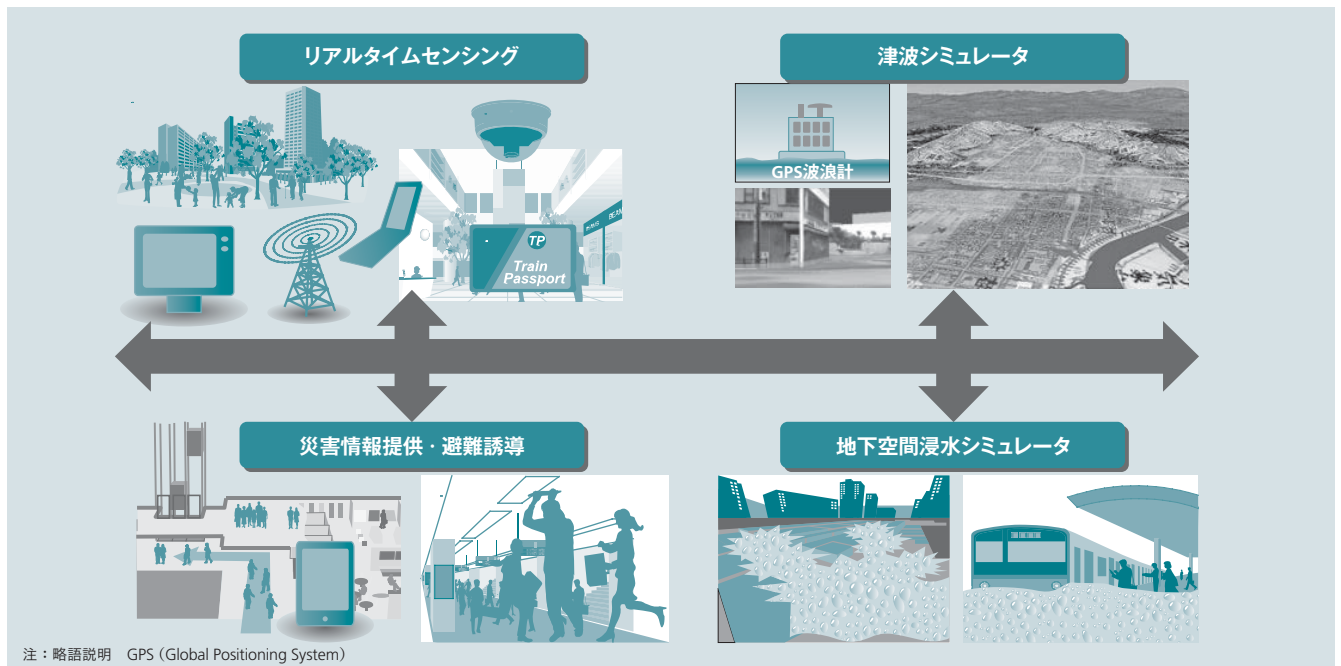


図7 | 新たな地理空間情報基盤

大量の時空間データを収集・蓄積・分析し、リアルタイムに現実世界へフィードバックさせることで、社会インフラの全体最適化を実現する。



注：略語説明 GPS (Global Positioning System)

図8 | シミュレータ連携によるリアルタイム津波対応

GPS波浪計の観測データから高精度な津波の高さと速度を推定し、正確な災害情報と避難情報を現実世界にフィードバックする。

させ、人と社会に貢献していきたいと考えている。

**参考文献など**

- 1) 菅原，外：地理空間情報を活用した社会ソリューションの展望，日立評論，90，12，959～963 (2008.12)
- 2) 富田，外：地理空間情報の活用による人と環境に配慮した都市づくり，日立評論，92，11，864～869 (2010.11)
- 3) 人の流れプロジェクト，<http://pflow.csis.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>

**執筆者紹介**



**菅原 敏**

1985年日立製作所入社，トータルソリューション事業部 公共・社会システム本部 所属  
現在，地理空間情報分野の拡販に従事  
Aeronautical Engineer  
米国航空宇宙学会会員，日本航空宇宙学会会員，日本機械学会会員



**下垣 豊**

2004年日立製作所入社，情報・通信システム社 経営戦略室 事業戦略本部 事業開発部 所属  
現在，地理空間情報分野の新事業開拓に従事  
技術士 (情報工学)



**大堀 正人**

2002年日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社 (現 株式会社日立ソリューションズ) 入社，グローバル事業統括本部 グローバルビジネス営業本部 ロケーションインテリジェンス営業部 所属  
現在，GeoPDFをはじめとしたロケーションインテリジェンス市場開拓に従事



**森岡 道雄**

1984年日立製作所入社，情報・通信システム社 経営戦略室 事業戦略本部 事業開発部 所属  
現在，地理空間情報関連の新事業開発に従事  
博士 (工学)  
情報処理学会会員



**菊池 雅浩**

1990年日立製作所入社，ディフェンスシステム社 情報システム本部 危機管理事業推進室 所属  
現在，防衛技術を基盤とした社会インフラ安全保障事業の開拓・推進に従事