

デンマークにおける 病院経営効率向上ソリューション

谷 繁幸
Tani Shigeyuki

Iris Fermin

丸山 幸伸
Maruyama Yukinobu

伊藤 淳史
Ito Atsushi

デンマークは、成熟型社会が直面している課題の解決に向けた施策を世界に先駆けて実施している。市民が政府と一体となり、革新的技術をいち早く導入して評価することによって社会イノベーションを起こしている。日立は、2014年11月にデンマークビッグデータラボをコペンハーゲン市に設立した。現地機関との協働実証への参加を通じ、新たなサービス・コンセプトの構築に取り組む。特に

公共病院を全国で16か所に統合し、病院運営効率を25%向上させる「スーパーホスピタル構想」に参画している。大規模化する、あるいは段階的に成長する病院での効率を追求するため、産業分野で培った人流・物流技術、自律分散制御技術を適用し、病院経営効率向上ソリューションを実現する。

1. はじめに

欧州諸国はHorizon 2020において、福祉、食料、輸送など成熟型社会の7つの課題を抽出し、その解決に向けた取り組みを推進している。特にデンマークは、電子政府の普及によるIT (Information Technology) の定着などを背景に、環境負荷低減、医療費削減などの分野でより高い目標を掲げ、課題解決に向けた先進的な施策を実施し続けている。日立は、デンマークビッグデータラボを設置し、デンマークのパートナーとの協創プロジェクトを通じて、成熟型社会が直面する課題に対応したソリューションを実現する取り組みを進めている。

2. デンマークからのイノベーション

北欧というと高福祉社会をイメージする人が多いと思われるが、それは市民が中心となって社会を支えることを前提としており、日本も含めた成熟型社会が向かうべき新しい社会のあり方を示している。しかし、高福祉社会が高コスト社会となることは否めない。デンマークは、この問題をイノベーションの創出によって解決しようとしている。実際、総人口約560万人の国家においてイノベーションによって年間15~25万人の雇用を創生し続けている。

2.1 デンマークの特長

デンマークの特長として挙げられるのは、「国際競争力」と「イノベーション力」である。2014年の1人当たりGDP (Gross Domestic Product) は世界6位であり、この10年間、日本より高い値を維持し続けている¹⁾(図1参照)。スイスの国際経営開発研究所が毎年発表する国際競争力 (World Competitiveness) においては世界9位 (2014

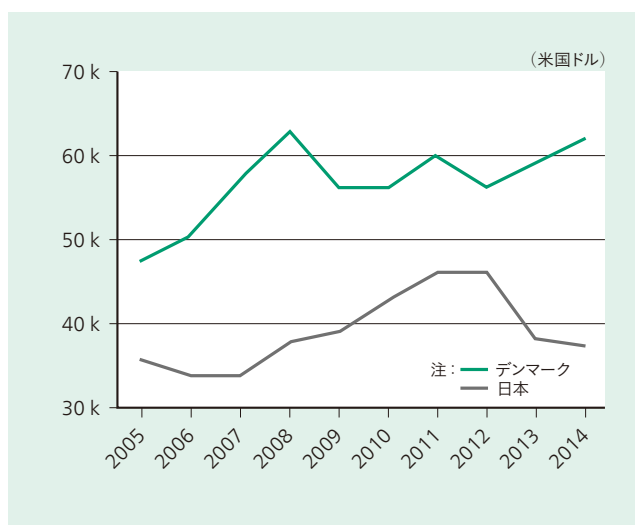


図1 | 日本とデンマークの1人当たりGDPの比較

IMF (International Monetary Fund) の2005~2014年のデータより作成した。この10年間、デンマークの1人当たりGDP (Gross Domestic Product) は日本のそれを上回っている。

年)であり、他の北欧諸国と共に高い位置にある²⁾。

また、デンマークは社会の抱える問題に対して革新的な技術や手段をいち早く導入し、社会としてのイノベーションを起こしている。国内に北海油田を持つ石油産出国でありながらも、再生可能エネルギーの活用に積極的に取り組み、1人当たり風力発電能力は世界1位を誇っている。風力とバイオマスによってすでに国内電力消費の $\frac{1}{3}$ を再生可能エネルギーで賄っており、2020年には、電力需要の $\frac{1}{2}$ を再生可能エネルギーとすることで、2025年には化石燃料の使用をゼロとするカーボンニュートラルを国家目標として推進中である³⁾。

2.2 ユーザードリブンイノベーション

デンマークでのイノベーションの特長として挙げられるのが、ユーザードリブンイノベーションである。デンマーク企業がユーザー参加型開発プロセスを積極的に導入してきた歴史がその土壌を生み出している⁴⁾。そのため、市民が社会イノベーションに参加することや、自らの生活で新しい技術を試し評価することに抵抗感がなく、変化や新しい技術への適応性が高い。革新的なソリューションの開発ではテストベッドによる試行錯誤が不可欠なため、デンマークはイノベーションのためのテストベッドとして適切な環境を有している。CPH 2025は、首都コペンハーゲン市が環境負荷という課題に向けて掲げた2025年までの計画と宣言である⁵⁾(図2参照)。この中でコペンハーゲン市は、通勤における自転車利用率向上を宣言し、市民の積極的な参加によってすでに利用率35%を実現している。

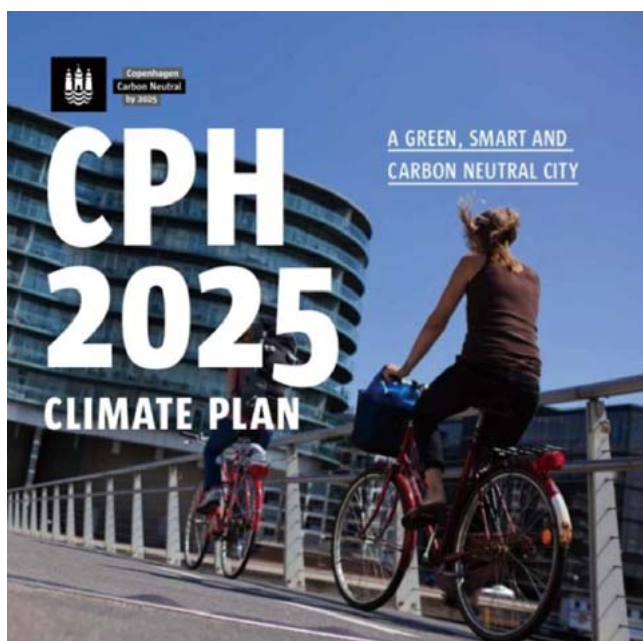


図2 | CPH 2025

デンマークの首都であるコペンハーゲン市による環境負荷低減に向けた2025年までの計画と宣言が記されている。

2.3 顧客協創によるソリューション開発

日立は、2014年11月にデンマークビッグデータラボをコペンハーゲン市に設立した。デンマーク主要都市での産官学イニシアティブや現地機関とのユーザー参加型の協働実証への参加を通じ、新たなサービス・コンセプトの構築やビジネスモデルの策定に取り組む。分野としては、デンマーク政府が重要テーマに挙げている「環境・エネルギー」、「トランスポート」、「ヘルスケア」を想定している。デンマークで先進的な課題に取り組む顧客・パートナーとソリューションを協創することで、デンマークの発展に貢献するとともに、同じ課題を抱える世界中の国・地域へと展開していく計画である。

3. スーパーホスピタル

3.1 スーパーホスピタル構想

ヘルスケア分野において、デンマークは「スーパーホスピタル構想」を推進している。医療費増加による社会保障費負担増が問題となっていることを背景に、10年間で総額400億デンマーククローネ(約8,000億円)を投入し、40か所ある公共病院を16か所の最先端医療施設「スーパーホスピタル」に統合するとともに(図3参照)、病院運営効率を25%向上させることを目標としている。目標の実現に向け、3つの指標を掲げている点が特徴的である⁶⁾(図4参照)。

ユーザードリブンイノベーションに代表されるように、デンマークではクオリティファーストという考え方が浸透していることから、医療サービスの品質を落とさずに高効

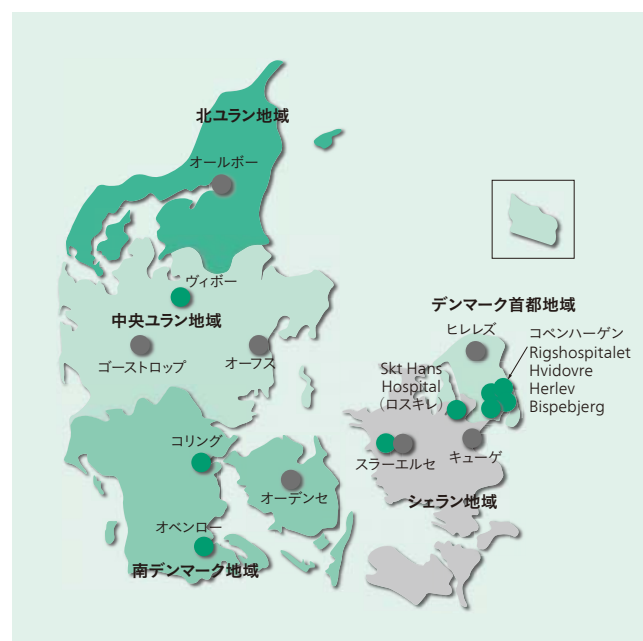


図3 | デンマーク5地域とスーパーホスピタル

40か所の公共病院を16か所に集約する。グレーのマークは新築する病院、グリーンのマークは拡張ならびに改築する病院を示す。

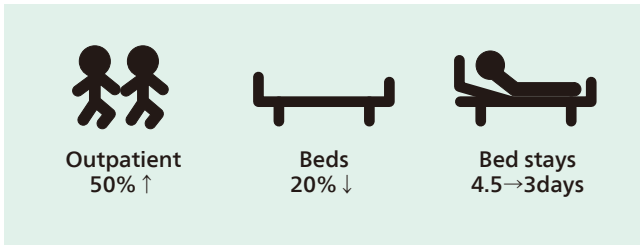


図4 | スーパーホスピタル構想の3つの目標指標

運営効率25%向上のため、外来患者数50%向上、ベッド数20%削減、平均入院日数を4.5日から3日に短縮という3つを目標指標に掲げて推進している。

率な医療サービスを実現する技術が期待されている。また、すでに先行して建築が進んでいるオーフス市のスーパーホスピタルは、4 km×4 km という広大な敷地にまたがる大規模病院になる予定である。さらには、図3に示すように各リージョン（地域）内に存在する病院は、僅か3～4か所となるため、スーパーホスピタルがカバーすべきサービス範囲は広く、コミュニティ医療を支えるための情報通信技術への期待も大きい。

3.2 ビスぺビャー・フレデリクスベア大学病院との協創

スーパーホスピタル構想に参画し、新たなヘルスケアソリューションを開発するため、日立は、2014年11月に、ビスぺビャー・フレデリクスベア大学病院と、ソリューション共同開発への取り組みに合意した⁷⁾。同病院が有する

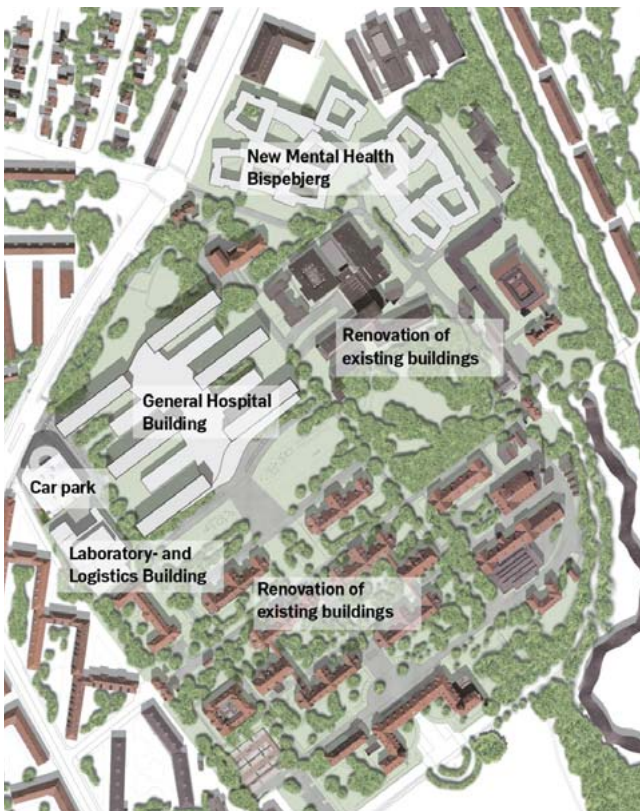


図5 | ビスぺビャー・フレデリクスベア大学病院の将来図

北部に新たな病棟を建設し、ビスぺビャー病院とフレデリクスベア大学病院を統合するとともに、スーパーホスピタル機能の実現を計画している。

る医療関連データなどの豊富なデータや病院経営・運用に関する実績と、日立が有するヘルスケア分野の医療設備・機器提供やビッグデータ分野の情報通信技術活用の経験・ノウハウを融合する。

ビスぺビャー・フレデリクスベア大学病院は、ビスぺビャー病院とフレデリクスベア大学病院を統合した病院である。フレデリクスベア自治体とコペンハーゲン自治体の市民約45万人に医療サービスを提供している。約5,000人の従業員を有し、2025年までに20万m²という大規模な改築を行ってスーパーホスピタルとなる⁸⁾。2014年より新病棟の設計や建築を開始しており（図5参照）、例えば、冷凍室や医療キャビネットなど、約800か所の温度管理設備にセンサーを取り付けるなど、情報通信技術の導入による業務改善に積極的に取り組んでいる。

さらには病院内での人の流れに着目し、スーパーホスピタル構想によって大型化する病院内の効率的な人流・物流の実現をめざしている。

4. 病院協創での課題抽出

4.1 ビッグデータ解析

計算機技術の発達を背景としたビッグデータ解析の特徴は、個別の状況を計測・把握し、全体観の中で特徴を抽出・分類し、その特徴を基に再度個別の状況に応じた制御を行えることである。このことは、旧来の制御器のように端末の中で閉じた制御ではなく、マスマーケティングのように全体傾向だけの制御でもない。末端の特徴と全体の傾向をミックスした、より無駄の少ない制御を実現する。

前述のように、ビスぺビャー・フレデリクスベア大学病院では冷凍室や医療キャビネットなど、約800か所の温度管理設備にセンサーを取り付けて監視を行っている。日立は、約800か所の温度データを約1年間分借り受けて解析した。解析の結果、全体観の中での特徴がいくつか抽出・分類された（図6参照）。その特徴と約800か所の個別の状

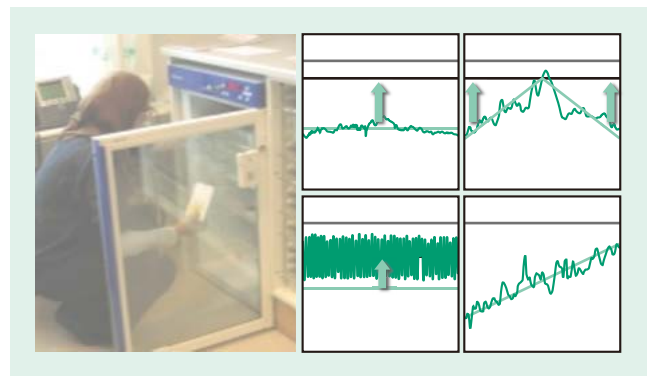


図6 | 病院内温度管理設備（冷蔵庫）と温度データの特徴分類例

各局の温度管理設備データは無線ネットワークを介して収集される。データは日々の動特性や利用特性に基づいて分類される。

況から、無駄の少ない制御を行うことで、病院全体としての冷却コストを5%以上削減できる可能性を示した。今後は既存の監視システム、分散したさまざまな温度管理設備に対して、どのように動的な制御を実現していくかという検討を病院と進めていく。

4.2 エスノグラフィック分析

エスノグラフィック分析法は、現場の実際の行動を詳細に観察し、現象の構造やプロセスを描き出す分析手法である。現場で問題となっている現象パターンを発見し、概念レベルでの把握により、開発するソリューションのエクスペリエンスを向上する本質的課題を明らかにする。また、観察手法を用いるため、暗黙のうちに前提としている価値観を取得でき、潜在的ニーズの発見につながる⁹⁾。ビスペィヤー・フレデリクスパー大学病院の協力の下、すでに院内での医師、看護師、薬剤師などを対象としたエスノグラフィック分析を実施している(図7参照)。

エスノグラフィック分析の最大の魅力は、計測データだけでは見つかからない課題の発見である。前述の温度データに関しても、温度管理設備の故障検知が目的であれば温度管理だけで十分かもしれない。しかし、実際に現場でエスノグラフィック分析を行ってみると、温度管理設備内でストックされている薬品や食品の品質管理こそが組織およびスタッフの重要課題であることが見えてくる。さらに、ス



図7 | ビスペィヤー・フレデリクスパー大学病院内でのエスノグラフィック分析風景

ビスペィヤー・フレデリクスパー大学病院の協力の下、医師、看護師などを対象としたエスノグラフィック分析に取り組んでいる。

トックされる薬品や食品を、いつでもどこにどう配送(アロケーション)していくかという院内ロジスティックの問題に発展していく。

5. ダイナミックリソースアロケーション

大規模化する病院内で効率を改善するには、温度管理設備内の薬品や食品に限らず、リソース(スタッフ、医療デバイス、医療品)のダイナミックな共有と配置が重要であると考えている。特に病院では、人的リソースが最重要で

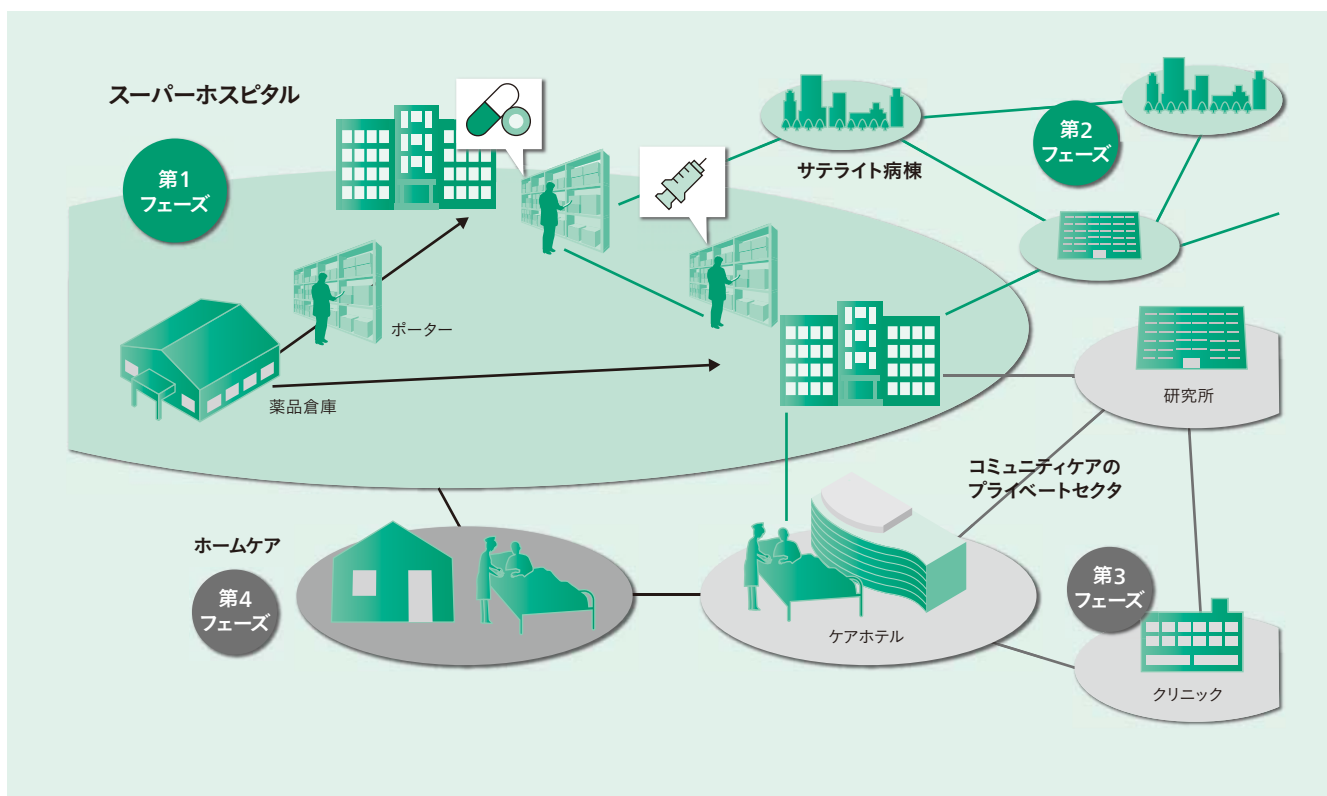


図8 | ダイナミックリソースアロケーション

大規模化する病院内で効率を追求するためのダイナミックなリソース共有と配置を示す。将来に向け、院外への拡張性も考えている。

あり、人の位置や流れの把握、状況変化に応じた適切な移動が課題となる。また、地域医療の中核病院では、一般開業医（GP：General Practitioner）などプライベートセクターとのリソース共有を視野に入れて考える必要がある。この場合、外部組織が保有する既存の異種システムと連携したうえでの実現が求められる（図8参照）。

5.1 人流・物流制御

日立は、人間行動の測定や解析に関して、長年、さまざまな研究開発に取り組んできている。センサーにより、エリア内の人の位置を検知してその人の移動を軌跡として検出する技術や、人の位置・コミュニケーション状況（対面時間、加速度など）を計測し、活発度や積極性、集中時間といった指標を算出する技術である¹⁰⁾。

ビスペビヤール・フレデリクスパー大学病院では、スタッフの移動において1日20ステップの無駄があると試算しており、センサーを用いた人流計測によってその無駄を精緻化するとともに、医師、看護師という属性情報や担当する業務情報などを用いて原因を解析する。また、解析から得られる移動特性を用いて、まずは現在進行中の新病院建設の中で部屋などのレイアウト最適化を行う（図9参照）。さらに、人に限らず、ベッドやリフトなど医療デバイスにセンサーを取り付けることで、数量制約のある高価なデバイス利用における無駄の排除や、スタッフ、医療デバイス、医療品などを集める最適な場所を動的に指示するダイナミックリソースアロケーションへとつなげていく。

5.2 自律分散システム

自律分散システムは、生体の概念に基づき、まずは細胞のようなサブシステムが存在し、それらを統合した結果として人体のようなトータルシステムが構築されるシステムである。各サブシステムが自律的に稼働することで、一部のサブシステムが故障した場合にも、新たなサブシステムが追加された場合にも、システム全体の機能が損なわれなことが特長である。現在ではさらに、異なる目的を持つシステム間でも、それぞれの目的を遂行することが可能な

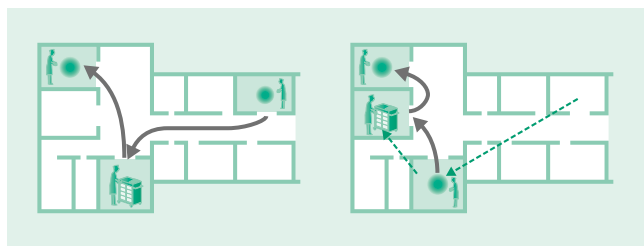


図9 | 院内での人流解析と病棟レイアウト最適化

人流解析から得られる移動特性を用いて、現在進行中の新病院建設で部屋などのレイアウト最適化を行う。

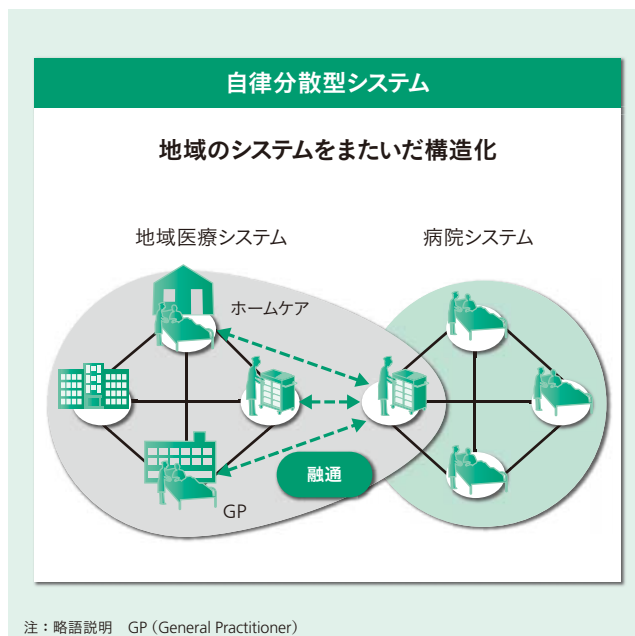


図10 | 自律分散型システムによる地域医療への拡張

地域をまたいだ構造化により、異なる目的を持つシステム間でも、それぞれの目的を遂行することが可能な範囲で接続し、資源を融通し合うことができる。

範囲で接続し、資源を融通し合えるシステムへと拡張している¹¹⁾（図10参照）。

スーパーホスピタル構想は、複数の病院を統合して新しい病院へと拡張・拡大させることが特徴である。例えば、ビスペビヤール・フレデリクスパー大学病院は、ビスペビヤール病院とフレデリクスパー大学病院を統合した病院であり、2014年から2025年にかけて段階的に新築、移設、改築を進める。既存の業務やシステムをベースに段階的に拡張し、成長させていくことが求められる。将来的にはさらに、地域医療の中核病院となることを求められており、図8に示したように、サテライトにある病棟、GPなどプライベートセクター、究極的にはホームケアを行う一般家庭といった異なる組織の情報と業務をつなぎながら医療サービスのカバー範囲を拡大していく。

この拡張や融合を考えた場合、各組織がすでに保有している既存システムを利活用していくことになるため、異なる目的を持つシステム間で、資源を融通し合える自律分散システムの考えが生きてくると考える。

6. おわりに

デンマークでは成熟型社会が抱える課題をいち早く解決するため、イノベーションを国家戦略の柱として進めている。もともとの国民性に加えて、市民参加型のイノベーションを助成するために、ITリテラシーを向上させる教育などにも力を入れており、新しい技術やソリューションを実際の生活の中で評価する、テストベッドとして高いポテンシャルを有している。

現在、日立はスーパーホスピタル構想に参画し、大型化する病院の運営効率25%向上を目標に新たなサービス・コンセプトの構築に取り組んでいる。さらに今後は、デンマーク政府が重要領域とする環境・エネルギー、トランスポートにおいて、先進的に取り組む顧客・パートナーとの協創を進めていく。

いずれの分野においても、新しいインフラを大規模かつ新規に構築する発展途上国型の社会インフラ整備と異なり、成熟型社会における社会インフラ整備は、すでに機能を持ち、自律分散的に稼働している複数のシステムをベースに整備することとなる。日立がこれまで日本で培ってきた自律分散システムなどの技術が効果を発揮していくと考えている。

参考文献など

- 1) IMF, <http://www.imf.org/external/data.htm>
- 2) IMD (国際経営開発研究所), <http://www.imd.org/>
- 3) 在日本デンマーク大使館,
<http://japan.um.dk/ja/about-us/press/the-kingdom-of-denmark/>
- 4) 砂田：知識経済をリードする北欧のイノベーション戦略, 智場intelplace # 118 (2013.3)
- 5) City Climate Leadership Awards, <http://cityclimateleadershipawards.com/>
- 6) Denmark Invests \$ 7 Billion in Super Hospitals for the Future, Ministry of Foreign Affairs of Denmark,
[http://www.investindk.com/News-and-events/News/2013/Denmark-Invests-\\$7-billion-in-Super-Hospitals-for-the-Future](http://www.investindk.com/News-and-events/News/2013/Denmark-Invests-$7-billion-in-Super-Hospitals-for-the-Future)
- 7) ビスベジャー病院ホームページ,
<https://www.bispebjerghospital.dk/nythospital/nyt-og-presse/nyheder/2014/Sider/hitachi-finder-mening-i-hospitalets-data.aspx>
- 8) ビスベジャー病院ホームページ,
<https://www.bispebjerghospital.dk/nythospital/english/Pages/project.aspx>
- 9) 河崎, 外：エスノグラフィー調査の活用とその効果—電力プラント建設管理システム高度化に向けた適用事例—, 日立評論, 93, 11, 745~750 (2011.11)
- 10) 高橋, 外：人間行動の計測・指標化で実現するリアル空間での新たなマーケティング手法, 日立評論, 95, 10, 672~675 (2013.10)
- 11) 飯島, 外：社会インフラを支えるシステム技術, 日立評論, 93, 12, 832~837 (2011.12)

執筆者紹介



谷 繁幸

Hitachi Europe Ltd. European R&D Centre 所属
現在、デンマークでのビッグデータ分析研究に従事
博士(情報科学)
電気学会会員, 計測自動制御学会会員, 日本リアルオプション学会
会員



Iris Fermin

Hitachi Europe Ltd. European R&D Centre 所属
現在、マンチェスターのヘルスケアシステム研究に従事
Ph.D. Information and Computer Science
情報処理学会会員, British Machine Vision学会員, UK Public Health
Register会員



丸山 幸伸

Hitachi Europe Ltd. European R&D Centre 所属
現在、エネルギー、鉄道、ヘルスケアなどのサービスデザインに
従事



伊藤 淳史

日立製作所 情報・通信システム社 経営戦略室 企画本部
事業戦略ユニット 所属
現在、グローバル事業戦略, サービス事業戦略の企画・立案に従事