

Mar. 19th, 2015 @ 自民党

経済好循環実現とイノベーション

データインテンシブ・イノベーション

須藤 修 (東京大学大学院情報学環)
Osamu Sudoh (The Univ. of Tokyo)

イノベーションとは何か？

- イノベーションとは、経済活動の中で生産手段や資源、労働力などを今までとは異なる仕方で新結合させて価値を生み出すことである。
- ✓ Joseph A. Schumpeter, *The Theory of Economic Development*, 1926

技術-社会パラダイム (Techno-Social Paradigm)

◆ 第1段階(18c後半-19c前半)

鉄道インフラ(鉄鋼、蒸気機関)

◆ 第2段階(19c末-20c前半)

道路インフラ(電力、内燃機関)

◆ 第3段階(20c後半-21c)

情報通信インフラ(デジタル情報処理、半導体)

◆ 第4段階(21c)

地球環境科学：バイオ、ナノテク、ICTが基盤に！

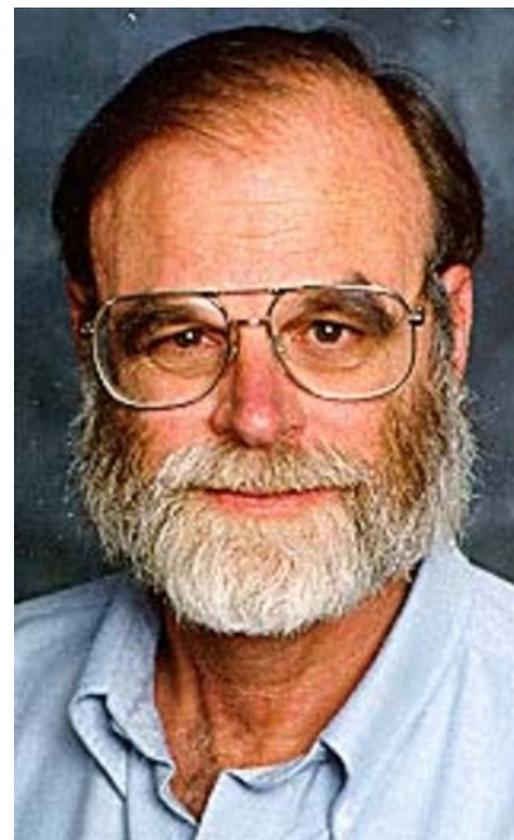
生命科学：バイオ、ナノテク、ICTが基盤に！

21世紀先進社会で求められる人材

- non-routine analytic skills (such as mathematics)
- non-routine interactive skills (directing and planning)
- routine cognitive skills (adhering to strict limits or standards)
- non-routine manual skills (physical coordination)
- routine manual skills (manipulating objects with fingers rapidly)

□ ジム・グレイの薫陶を受けた研究者たちが、2009年にThe Fourth Paradigm : Data-Intensive Scientific Discoveryをいう書物を刊行した。彼らによれば、科学の歴史は、4つのパラダイムに区分できるという。

- ✓ 第1のパラダイムだが、約1000年前には、科学は経験的なものだった。実験的な科学の萌芽といってよい。
- ✓ 第2のパラダイムは、数百年前に輪郭を整えたもので、理論的なブランチである。ケプラーの法則やマクスウェルの方程式などにみられるように、モデル化や普遍化に焦点が当てられた。
- ✓ 第3のパラダイムは、数十年前に台頭したコンピューテーショナルな科学だ。複雑な現象のシミュレーションがその典型的なものだろう。



□ 今日、第4のパラダイムとしてe-サイエンスが台頭している。理論、実験、そしてシミュレーションを統合するものであり、それはデータ・インテンシブな科学である。



□ だからこそスーパーコンピュータや高速データベースがプラットフォームとして必要なのだといえる。第4のパラダイムの台頭は、従来のそれぞれの学問の方法論に変化をもたらし、学問を区分する境界線にも変動をもたらされるだろう。



Dr. Rita Colwell (全米科学財団元長官)

- Across the science and engineering enterprise, boundaries are increasingly difficult to distinguish between and among disciplines, especially information technology, nanotechnology, and many areas embracing biocomplexity, the complexity of life itself.
- But it is true also for the social sciences in this new era of “ Big Data”, when computational capacity reaches beyond imagination.



Dr. Rita Colwell (全米科学財団元長官)

- The most exciting areas are in these fuzzy connections between disciplines where knowledge in one field answers questions in another field.



東京大学平成25年度大学院入学式(武道館、2013年4月12日)祝辞より

ICTによる経済好循環に向けて(須藤が関係しているもの)

グローバルコミュニケーションの
充実

- 多言語音声翻訳アプリの実サービス化
- 医療分野、交通分野、全国の観光地、地域活性化のための言語等のコーパス拡充

4K8Kの一層の加速

- 4K8Kのロードマップのより確実な実現
- NexTVフォーラム等の活動推進

遠隔医療等の実現

- 8K等高精細で制作された映像を用いた、遠隔での医学教育、情報共有等の実現
- 医療・介護情報連携基盤の全国展開

電子政府・電子自治体の推進

- 本格運用を目前にした個人番号カードの利活用拡大に向け、行政手続きのワンストップ化を実現
- 自動車検査登録等手続き、登録免許税等対面書面や紙ベースの申請の電子化を徹底。



利活用を推進するための
重要課題

- 技術面の課題
- ルール面の課題

「グローバルコミュニケーション計画」の推進

○世界の「言葉の壁」をなくしグローバルで自由な交流を実現する「グローバルコミュニケーション計画」を推進するため、情報通信研究機構が開発した多言語音声翻訳技術の精度を高めるとともに、民間が提供する様々なアプリケーションに適用する社会実証等を実施する。

これにより、ICTを活用したイノベーションを加速し、2020年の東京オリンピック・パラリンピックの際には、本技術を活用して「言葉の壁」がない社会をショーケースとして世界に発信する。

・多言語音声翻訳の対応領域、対応言語を拡大するための研究開発

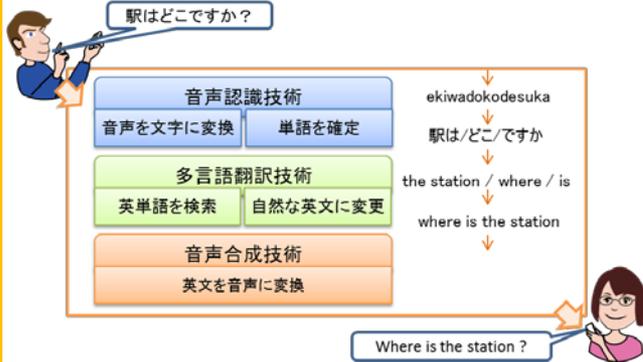
多言語音声翻訳技術の翻訳精度を向上し、対応言語数を拡大する。また、雑音対策や長文翻訳など、翻訳精度の向上に向けた研究開発を実施する。

・病院、商業施設、観光地等における社会実証

産学官の連携により、多様なアプリケーションの社会実証を集中的に実施する。

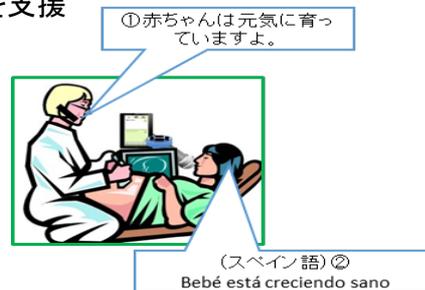
多言語音声翻訳システムの仕組み

スマートフォンなどに話しかけると即座に他の言語に翻訳して、音声出力する



病院

多言語対応ヘッドセット等のウェアラブル機器を用い、症状や病名の翻訳など 医師と患者のコミュニケーションを支援



ショッピング

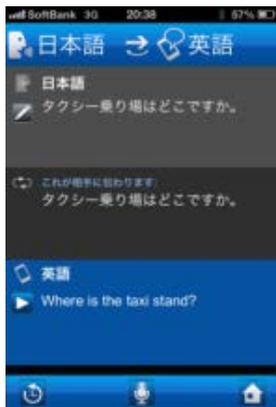
多言語対応型レジ端末により、商品の購入や問合せなど、外国人客の要望にきめ細やかに対応



多言語音声翻訳システムの活用事例

成田国際空港

- ターミナル館内の巡回案内スタッフが「iPad」を活用して、最新のフライト情報や忘れ物の情報等の他、空港内の店舗、サービス施設等を写真や地図を用いて案内。
- さらに、多言語音声翻訳アプリ「NariTra」を活用し、巡回案内スタッフが、中国や韓国からの来客にも母国語で案内を行っている。



成田国際空港のホームページでアプリを紹介
Google PlayやApp storeでダウンロード可能

【出典】成田国際空港ホームページ

京浜急行電鉄

- 本年3月の羽田空港国際線発着枠の拡大等に伴い、7月から品川駅と羽田空港国際線ターミナル駅に「VoiceTra4U」を試験導入。
- 主に改札や忘れ物センターで片言での対応が困難な場合、羽田空港国際線ターミナル駅、京急ツーリストインフォメーションセンターで英・中・韓以外の対応が必要となった場合等においてVoiceTra4Uを活用している。



品川駅(改札)



羽田空港国際線ターミナル駅(改札、京急ツーリストインフォメーションセンター)



【出典】京浜急行電鉄より提供

次世代放送推進フォーラム

2014年6月2日 世界初4K試験放送開始

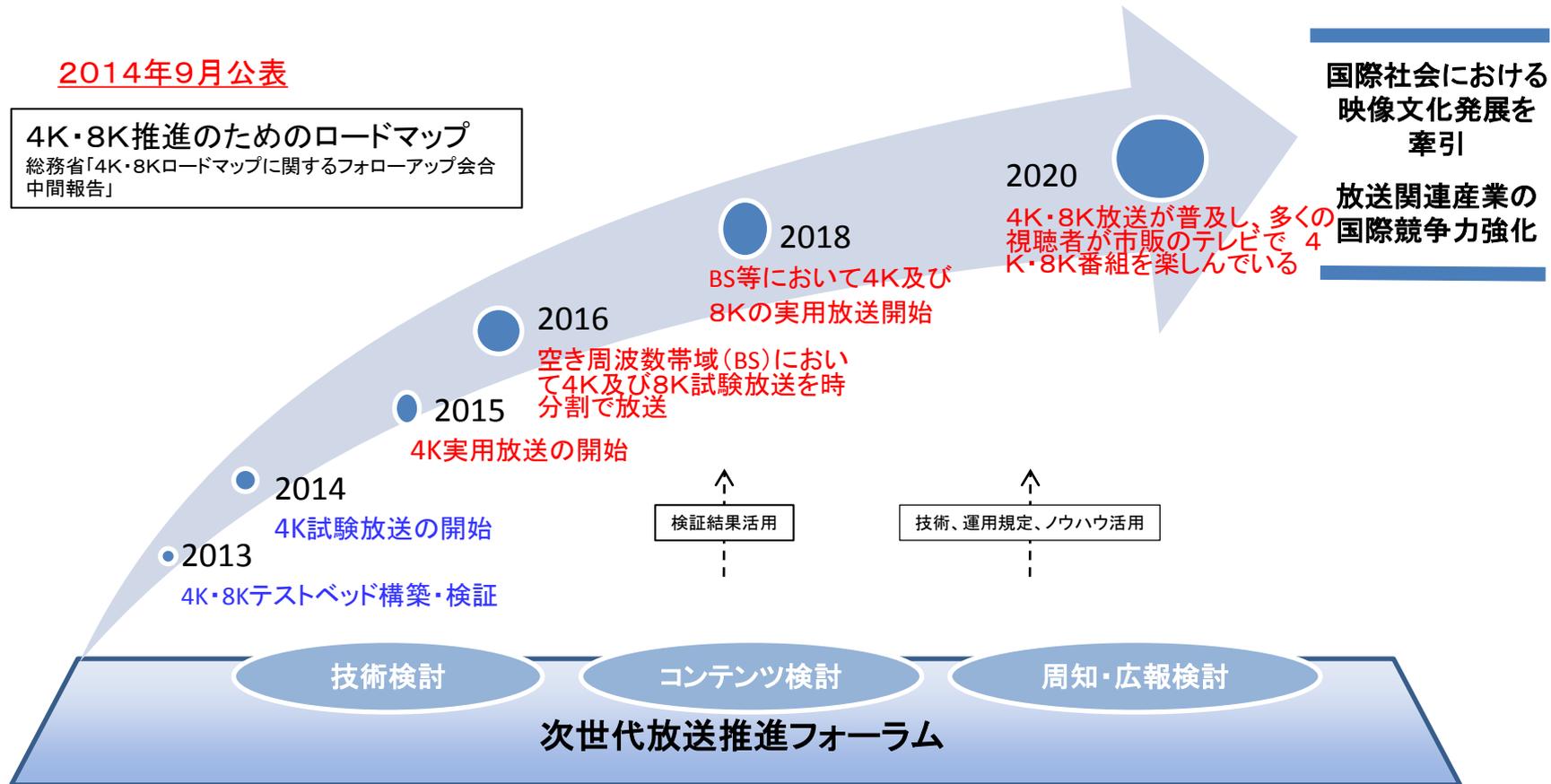
一般社団法人次世代放送推進フォーラム(NexTV-F)

理事長:須藤修

次世代放送推進フォーラムの事業

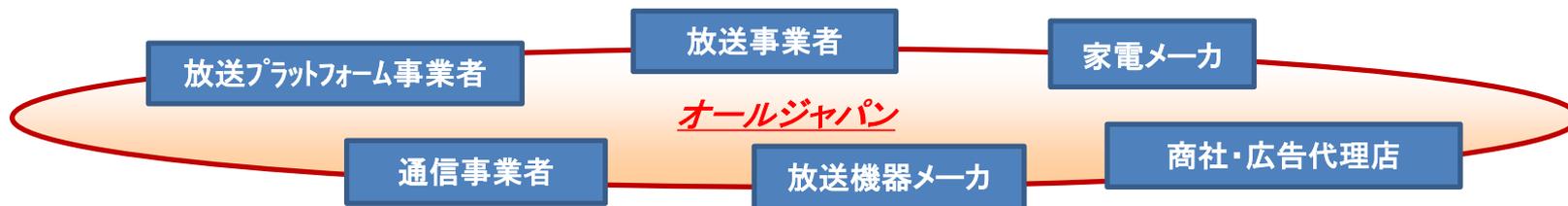
2014年9月公表

4K・8K推進のためのロードマップ
総務省「4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合
中間報告」



国際社会における
映像文化発展を
牽引

放送関連産業の
国際競争力強化



“スマートTV”時代



テレビは「放送」を受信するだけの
道具ではなくなった

「放送」(電波)だけが、ニュースや
エンターテインメントの配信ルートではない



一斉同報型・一方通行型から
相互発信型、コミュニティ参加型へ

HEVC

High Efficiency Video Coding

世界最先端の動画圧縮技術

現在のBS・地上デジタル放送の約4倍の圧縮が可能
高効率化とワンチップ化が不可欠

MMT

MPEG Multimedia Transport

伝送路の異なるメディア間でも同期・融合表現が可能に
本格的な放送・ネット融合サービス

NexTV-Fによる4K試験放送開始

2014年6月2日(世界初)



＜重要領域＞

■医療機関での利用

■教育分野での利用

■社会インフラ監視での利用

■行政手続きでの利用(公的個人認証)

超高精細映像技術(4K・8K)や放送・通信連携機能の活用可能性

- 超高精細映像技術 ⇒ テレビ/放送のみならず、広告、医療、設計等、産業用途(BtoB)も含めた幅広い分野への波及が期待。

教育分野の例

- 4K・8K対応の大画面電子黒板
 - ・ ネット接続することで、遠隔地の学校と高精細映像を用いた臨場感のあるコミュニケーションが可能
 - ・ 重要なポイントを拡大表示しても、鮮明な映像を提示

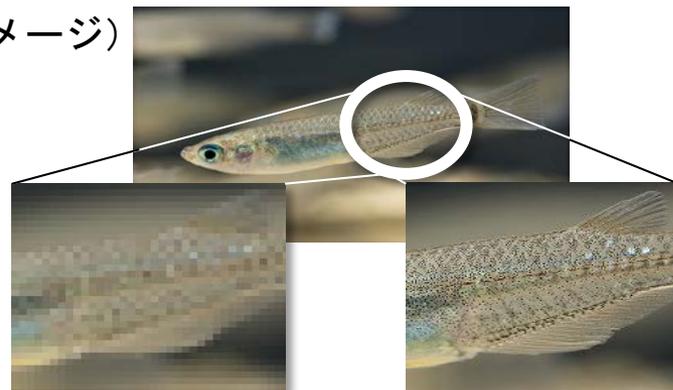
医療分野の例

- 検査・手術に高精細映像を用いることで、正確な診断や処置が可能に(内視鏡やモニター等の高度化)
- 高精細でリアルな色表現により、遠隔地にいる専門医が的確な診断や支援をすることが可能に(遠隔医療)
- 「名医の手術」を高精細映像で保存することで、若い医師に技術を伝承(高精細映像によるアーカイブ化)

防犯分野の例

- 4Kの防犯・監視カメラ映像は拡大表示しても、鮮明な映像で、防犯・監視システムのセキュリティ性能が向上。

(イメージ)



従来の電子黒板

4Kテレビの電子黒板

(次世代放送推進フォーラム 利活用委員会での発表資料より)



(8Kでの手術撮影システムのイメージ)

在宅医療と介護の連携のための 情報システムの共通基盤の構築

東京大学高齢社会総合研究機構

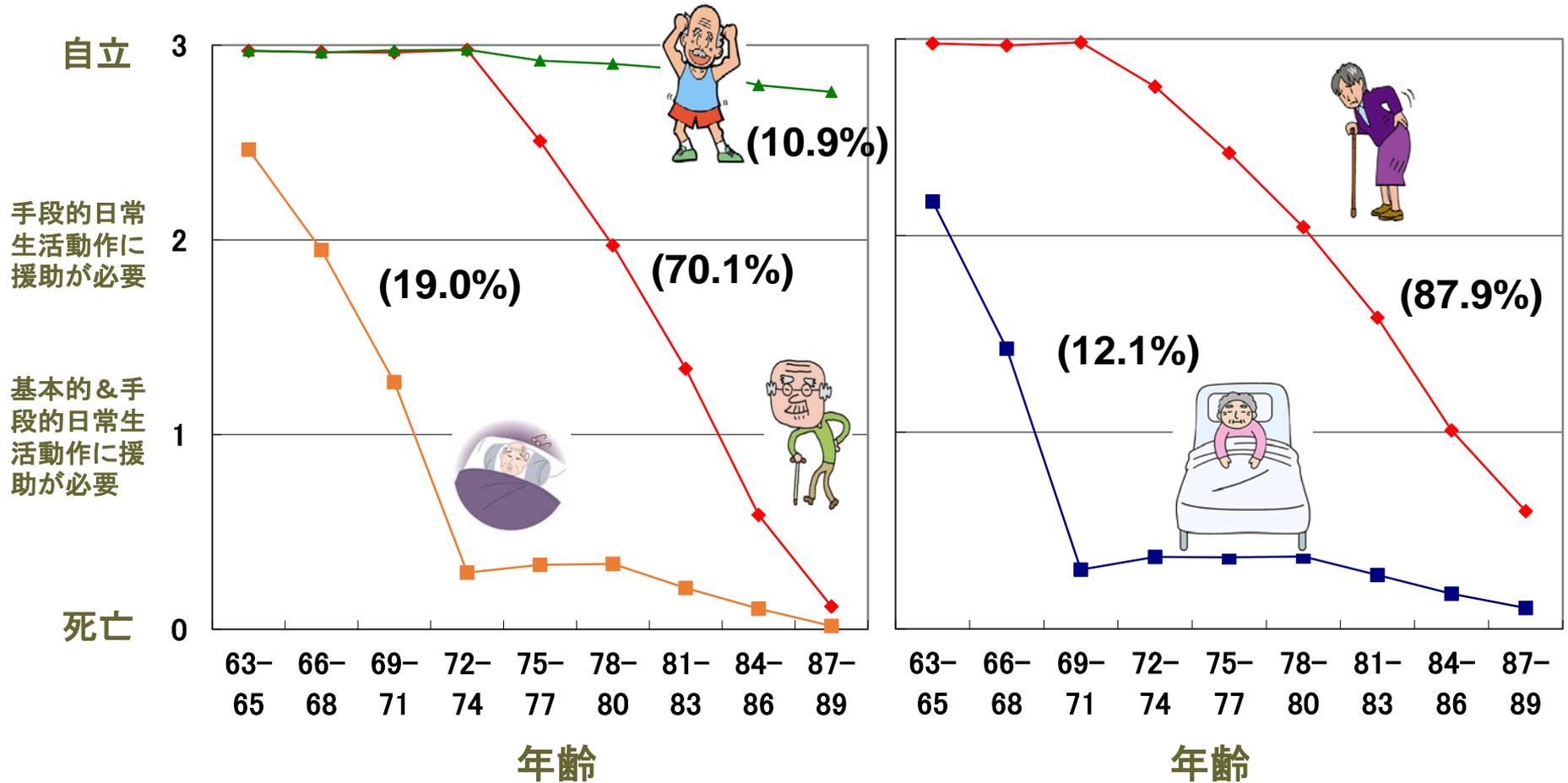
在宅医療と介護の連携に関する
実証研究プロジェクト(委員長:須藤修)

高齢者の増加と多様なパターン

— 全国高齢者20年の追跡調査 —

男性

女性



要介護認定3
認知症状
徘徊の心配



患者
(母親)

胃がん手術後
在宅で療養

①

最初は
長女と同居

③

次女の都合が悪い時
長女のところへ
ショートステイ

②

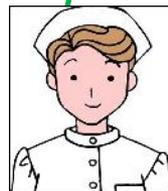
次女のところへ
引っ越し

A市



病院医師

会社員
長女C子



訪問看護師

ケアマネ



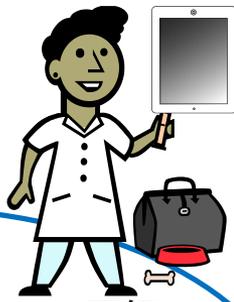
医師



B市



専業主婦
次女J子



医師

B市
在宅ケア
チーム



訪問
看護師

ケアマネ



A市
在宅ケア
チーム



VPN
インターネット

「ケアの方向性
温度板、ケア記録」

K社
情報共有システム



F社
情報共有システム



医療・介護情報連携基盤の全国展開

- 「地域完結型」の医療・介護体制、地域包括ケアシステムの構築（急性期医療への集中化による早期の家庭復帰・社会復帰の実現と、受け皿となる在宅医療・介護の充実等）のため、医療・介護等分野の提供者間のネットワーク化、情報共有・連携は必要不可欠。
- 一方、地域にとっては医療・介護情報連携基盤の運用費用の負担が大きいこと及び在宅医療・介護分野における多職種が利用する情報システムの仕様はベンダーごとに様々であり情報連携が困難であることが課題。そのため、次の取組を実施。
 - ・費用対効果の高い低廉なシステムの導入（EHRミニマム基盤モデル）
 - ・在宅医療・介護への拡大（在宅医療・介護クラウド標準化モデル）
 なお、厚生労働省においては、より広域・多数の医療機関による情報共有の実現に向けた標準規格の確立等を実施するとともに、在宅医療・介護分野における標準化を推進。

① 費用対効果の高い低廉なシステムの導入 →クラウドを活用した連携モデルの確立【総務省】



② 在宅医療・介護への拡大 →標準化の推進、システム構築【厚生労働省と共同実施】



- 在宅医療・介護分野の情報連携基盤において共有すべき情報項目の精査及び当該基盤の技術的検証（実施場所：千葉県柏市、宮城県石巻市等）

在宅医療・介護分野における厚生労働省及び総務省の取組(平成25～26年度)

■ 総務省では、厚生労働省と連携し、在宅医療・介護分野における多職種※が異なるシステム間で情報を共有するための情報連携基盤を標準的な形で構築し、この情報共有に係る課題を解決するための実証を実施。

※在宅医療・訪問看護・訪問介護等の従事者

厚生労働省事業(事務局:東京大学)

- 在宅医療・介護分野において共有すべき情報を整理するとともに、標準的な情報連携基盤の機能(多職種の情報連携に必要なインターフェース、認証、セキュリティ等)に必要な要件等について検討。
- 総務省における実証の成果を踏まえ、在宅医療と介護の連携における情報システム利用に関するガイドライン草案を作成。
- 在宅医療と介護の退職連携に関する業務手順と業務量を把握し、定量効果測定可能な環境を整備

(体制図)

在宅医療と介護の多職種連携に関する
調査研究委員会
(座長:須藤 修先生(東京大学))

調査作業
部会

※ 平成25年度は、「在宅医療と介護の連携における情報システム利用に関するガイドライン検討委員会」
(委員長:須藤修先生)

総務省事業(事務局:野村総研)

- 厚生労働省において検討された機能要件を踏まえ、実際に情報連携基盤を構築し、多職種の情報連携に必要なインターフェース、認証、セキュリティ等の機能の有効性や情報連携による業務の効率化への効果等を検証するための実証を実施。
- 厚生労働省において検討されたガイドライン草案を踏まえ、標準化に向け、共有すべき情報項目の精査を実施。

(体制図)

在宅医療・介護分野における
情報連携基盤の推進に関する協議会
(座長:須藤 修先生(東京大学))

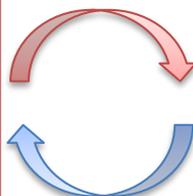
インター
フェース部会

標準化部会

各フィールド
実証部会

※ 平成25年度は、「在宅医療・介護分野における情報連携基盤の開発及び利用の実証に関する協議会」
(座長:須藤修先生)

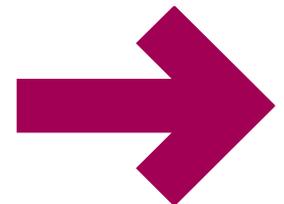
機能要件等
の提示



実証成果の
インプット

US Memorandum of Understanding

- Memorandum of Understanding between the United States' Department of Health and Human Services (HHS) & NHS England (Jan 2014):
http://www.healthit.gov/sites/default/files/hhsnhs_mou_final_jan_21.pdf
- Bi-lateral sharing of health information / tools; increasing interoperability
- A commitment to collaborate on open data initiatives
- Potential for: harmonisation of standards / sharing quality indicators



マイナンバー等分科会 中間とりまとめの概要

「世界最先端のIT利活用社会」のインフラとして、マイナンバー制度の普及と利活用を図るため、国・地方・民間が連携して取り組むべき事項を取りまとめ。

【目指すべき社会】

- 誰もがより安全・安心にインターネットを利用できる基盤を持つ社会
- 誰もが必要な時に自身の情報にアクセスし、利活用でき、サービスへの満足度が向上する社会
- 国・地方・民間の様々な手続き・サービスが、シームレスかつ効率的に連携し、広く電子的に完結できる社会

個人番号カード

誰もが取得できる 実社会・オンラインの本人確認手段

- 暮らしに係る公的サービスに係るカード類(健康保険証、印鑑登録カード等)や、広く保有される資格の証明書類(国家資格等の資格の証明書、国家公務員身分証明書等)等の、**個人番号カードへの一元化／一体化**
- コンビニ交付等、個人番号カードを利用した利便性の高いサービスの拡大
- 官民の様々な本人確認を要する手続きでの利用に向けた調整・周知
- オンライン本人確認手段である**公的個人認証サービスの行政・民間利用の拡大**
- 取得に係る本人負担の軽減 等

マイポータル/マイガバメント

暮らしに係る利便性の高い 官民オンラインサービスの提供

- 利用者に係る特定個人情報や医療・介護・健康等に係る自己情報の閲覧
- 利用者の利益になる情報を提供する**プッシュ型サービス**
- 引越しや死亡等のライフイベントに係る**ワンストップサービス**
- サービスに必要な情報をデータで入手・利用できる仕組み
- シームレスなサービス利用に向けた本人確認に係る**官民連携基盤**
- スマートフォンやCATV等、利用チャンネルや認証手段の拡大**
- 高齢者等が安心して利用できるサポート体制や代理利用の環境整備

個人番号/法人番号

名寄せ・突合による情報の正確で迅速な確認

- 行政における個人番号を利用した業務・システム見直し
- 行政が保有する法人に係る公開情報への法人番号の付与の徹底
- 法人番号を利用した**法人ポータル**の構築

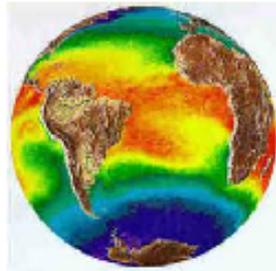
これらに近接し、更なるメリットが期待できる以下の分野へのマイナンバー利用範囲の拡大等を検討

①戸籍事務、②旅券事務、③預貯金付番、④医療・介護・健康情報の管理・連携、⑤自動車登録事務

ビッグデータ分析と予測

Peter Haas, Paul Maglio, Patricia Selinger, Wang-Chiew Tan [2011]
“Data is Dead : Without What-if Models”

We can understand much more
by moving to deep predictive analytics
based on **models and data**



3.1 Eulerian Dynamical Core

$$\begin{aligned}\frac{\partial \zeta}{\partial t} &= R - \nabla \times (\mathbf{u} / \cos \phi) \cdot \hat{z}_{\text{top}} \\ \frac{\partial \sigma}{\partial t} &= \nabla \cdot (\mathbf{u} / \cos \phi) - \nabla^2 (\zeta + \Phi) + E_{\text{top}} \\ \frac{\partial T}{\partial t} &= \frac{-1}{\sigma \cos^2 \phi} \left[\frac{\partial}{\partial x} (U T) + \cos \phi \frac{\partial}{\partial \phi} (V T) \right] + T \theta \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right) + \frac{R - \zeta}{C_p} \\ &\quad + Q + E_{\text{top}} + E_{\text{bot}} \\ \frac{\partial u}{\partial t} &= \frac{-1}{\sigma \cos^2 \phi} \left[\frac{\partial}{\partial x} (U u) + \cos \phi \frac{\partial}{\partial \phi} (V u) \right] + u \zeta - \lambda \frac{\partial u}{\partial y} + S \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= \int_a^b \nabla \cdot \left(\frac{\partial u}{\partial y} V \right) da.\end{aligned}$$

Data-centrism is **WRONG**:

Exploit expert knowledge of fundamental **structure**, **causal relationships**,
and **dynamics** of system constituents to create first-principles
simulation models

© 2011 IBM Corporation

OECD-GSF : using New Data

- Data resources and capacity to analyse data **exist separately** in national official statistical agencies and the research community, both within and across countries.

□ Challenge

- Mechanisms should be established which build upon and enhance further the efforts being made by producers of data (e.g. official data producing agencies, businesses, researchers) and the users of data (e.g. researchers, policy-makers) to share expertise, knowledge and resources, particularly in the areas of data access, linkage and integration and analysis.
- ◆ Source : OECD-GSF [2013] *New Data for Understanding the Human Condition*, OECD, p.4



マシン・ラーニングを用いた
経済再生成長戦略の
経済効果予測
—2020年の鳥取県経済—

FIRST喜連川プロジェクト

＜須藤修チーム＞

東京大学

独立行政法人産業技術総合研究所

鳥取県

国立情報学研究所

当初の計画

持続可能な経済発展に関するデータ・
エビデンスにもとづくシナリオ作成

課題

- データ保有機関がバラバラで連携がない
- データ著作権の壁(著作権処理に多大な負担)
- データ形式がバラバラ
- データの定義がバラバラ(語彙の統一が必要)
- 個人情報保護との両立が必要

鳥取県の長期戦略効果予測
＜2013年実施、2014年成果発表＞

1 研究の背景・目的①

1 鳥取県経済成長戦略の策定

鳥取県は、人口減少下においても持続性のある安定した経済成長を目指すため、環境・エネルギー、バイオ、健康関連産業など成長分野への構造転換を促進する「鳥取県経済成長戦略」(2020年までの目標; GDP700億円)を平成22年4月に策定した。

2 経済情勢の悪化

グローバル競争の激化や急激な円高等を背景とした大企業の統廃合や製造拠点の海外移転など経済環境の急激な変化により、目標の達成が難しい状況に。

3 鳥取県経済再生成長戦略へと改定

鳥取県は、従来の経済成長戦略に次世代サービス分野を追加するとともに「主要製造業の再生戦略」、「ものづくり基盤産業再生戦略」及び成長分野として注目される「医療イノベーション戦略」、「サービスイノベーション戦略」、「ASEAN戦略」を新たに加え、「鳥取県経済再生成長戦略」として改定し、2020年に向けた新たな施策を打ち出そうとしている。

1 研究の背景・目的②

4 研究目的

本研究は、内閣府最先端研究開発支援プログラム「超巨大データベース時代に向けた最高速データベースエンジンの開発と当該エンジンを核とする戦略的社会サービスの実証・評価」(中心研究者:喜連川優、須藤は研究分担者)の研究成果の活用を視野に、鳥取県経済をモデルケースとして研究を行うものであり、鳥取県が推進する「鳥取県経済再生成長戦略」の効果を定量的に評価・予測することで同戦略の適切な推進に寄与することを目的に実施した。

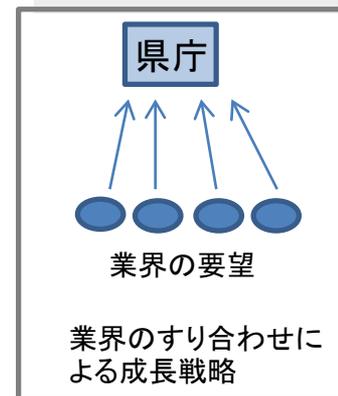
(研究内容)

- ☞ 鳥取県経済再生成長戦略の戦略的推進分野を新セクターとした2020年の新産業連関表(情報幾何を用いた予測)を作成
- ☞ 2020年の新産業連関表により、鳥取県経済再生成長戦略の実現における経済波及効果を評価(予測)

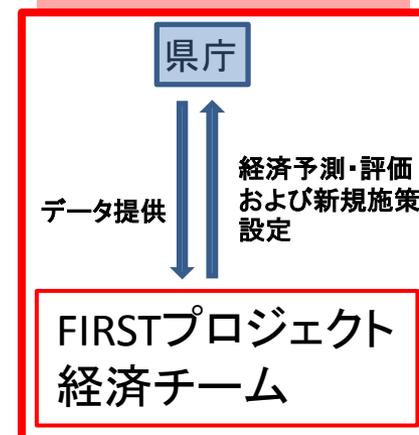
研究概要

- 成長戦略評価のため、経済波及効果を計算したい
- 完成している県産業連関表は古い(2005年版)
- 成長戦略の将来にわたる経済波及効果の計算には、未来の産業連関表が必要
- **情報幾何**に基づく新規行列分解法を提案
- 鳥取県経済再生成長戦略の戦略的推進分野を新セクターとした2020年の新産業連関表を予測

従来の戦略設定



本プロジェクトの戦略設定



新戦略、追加戦略の経済波及効果

鳥取県経済再生成長戦略の経済波及効果は、1054億円
うち、追加戦略の経済波及効果は、257億円

戦略的推進分野	直接効果	経済波及効果
環境・エネルギー	260億円	401億円
うちサービスイノベーション(課題解決型サービス)	(1億円)	(1.5億円)
次世代デバイス	70億円	101億円
うち医療イノベーション(医療機器)	(20億円)	(29億円)
バイオ、食品関連産業	160億円	190億円
うち医療イノベーション(創薬)	(26億円)	(31億円)
健康・福祉サービス関連産業	50億円	80億円
うちサービスイノベーション(課題解決型サービス)	(1億円)	(1.6億円)
まちなかビジネス	10億円	20億円
コミュニティビジネス	40億円	68億円
観光ビジネス = サービスイノベーション(観光産業)	20億円	37億円
次世代サービス = サービスイノベーション(次世代サービス)	90億円	157億円
合計	700億円	1054億円

*1 下線は、平成25年4月の鳥取県経済再生成長戦略の改訂により追加された戦略

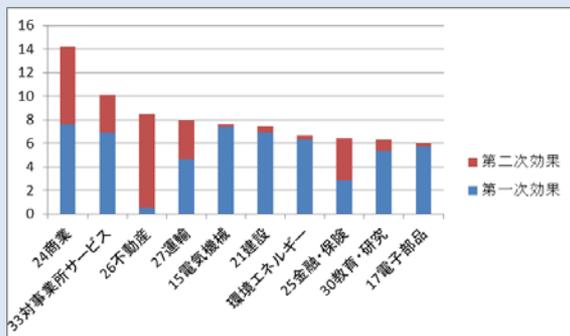
*2 経済波及効果は第二次波及効果まで算出。なお、カッコ書きはうち数

*3 経済波及効果 = 直接効果 + 第一次波及効果 + 第二次波及効果

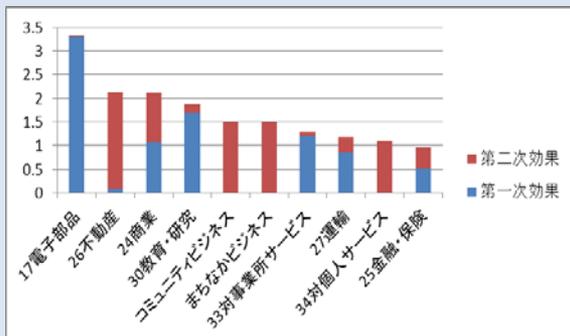
各戦略的推進分野の経済波及効果

戦略的推進分野の推進は、既存の各産業へも波及することから、鳥取県経済の成長を加速させることが予測される。

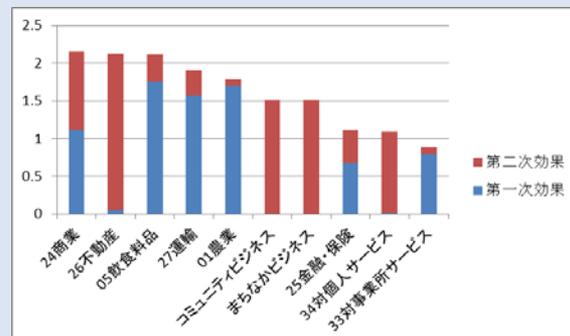
「環境・エネルギー」の波及効果



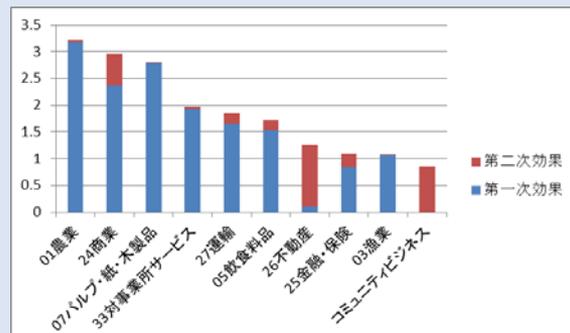
「次世代デバイス」の波及効果



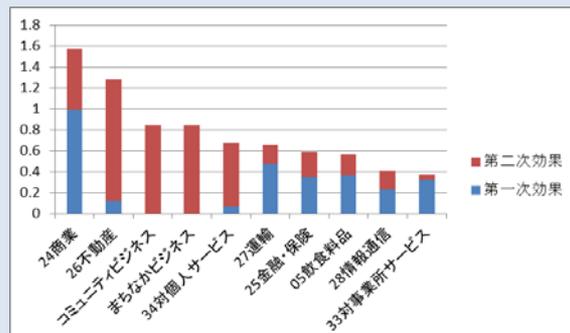
「バイオ・食品産業」の波及効果



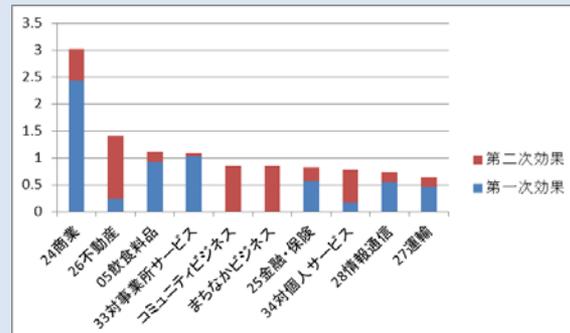
「健康・福祉サービス」の波及効果



「まちなかビジネス」の波及効果

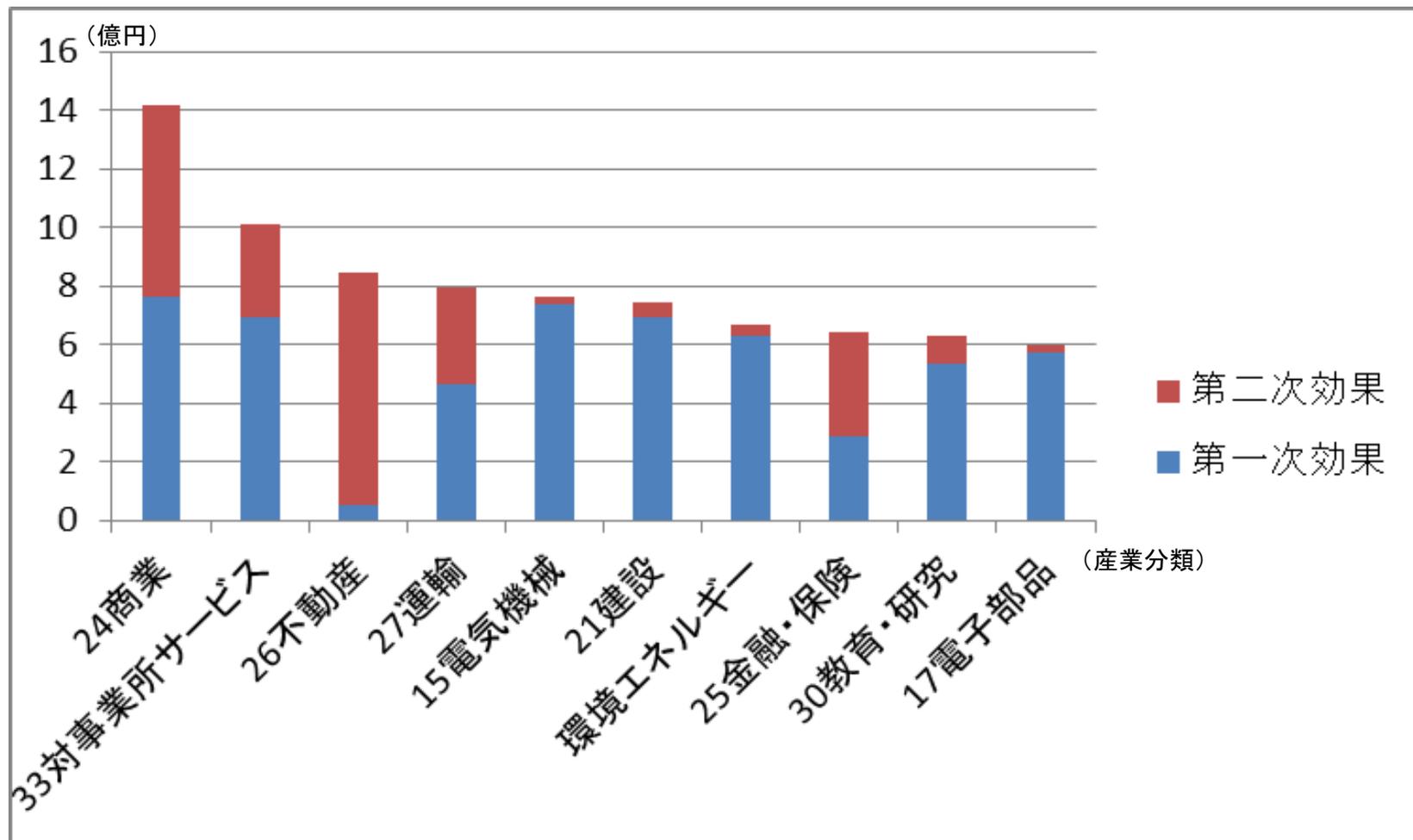


「コミュニティビジネス」の波及効果



環境・エネルギー分野の経済波及効果

環境・エネルギー分野は、エコカー（電気機械、電子部品と関連性が高い）、太陽光発電（対事業所サービス等と関連性が高い）から構成される。販路面では、「商業」と関連性が高い。



予測可能な産業連関表 の作成

2020年の鳥取県産業連関表

既存の産業分類の中から、鳥取県経済再生成長戦略における戦略的推進分野を抽出し、新たな部門設定により産業連関表を再構築

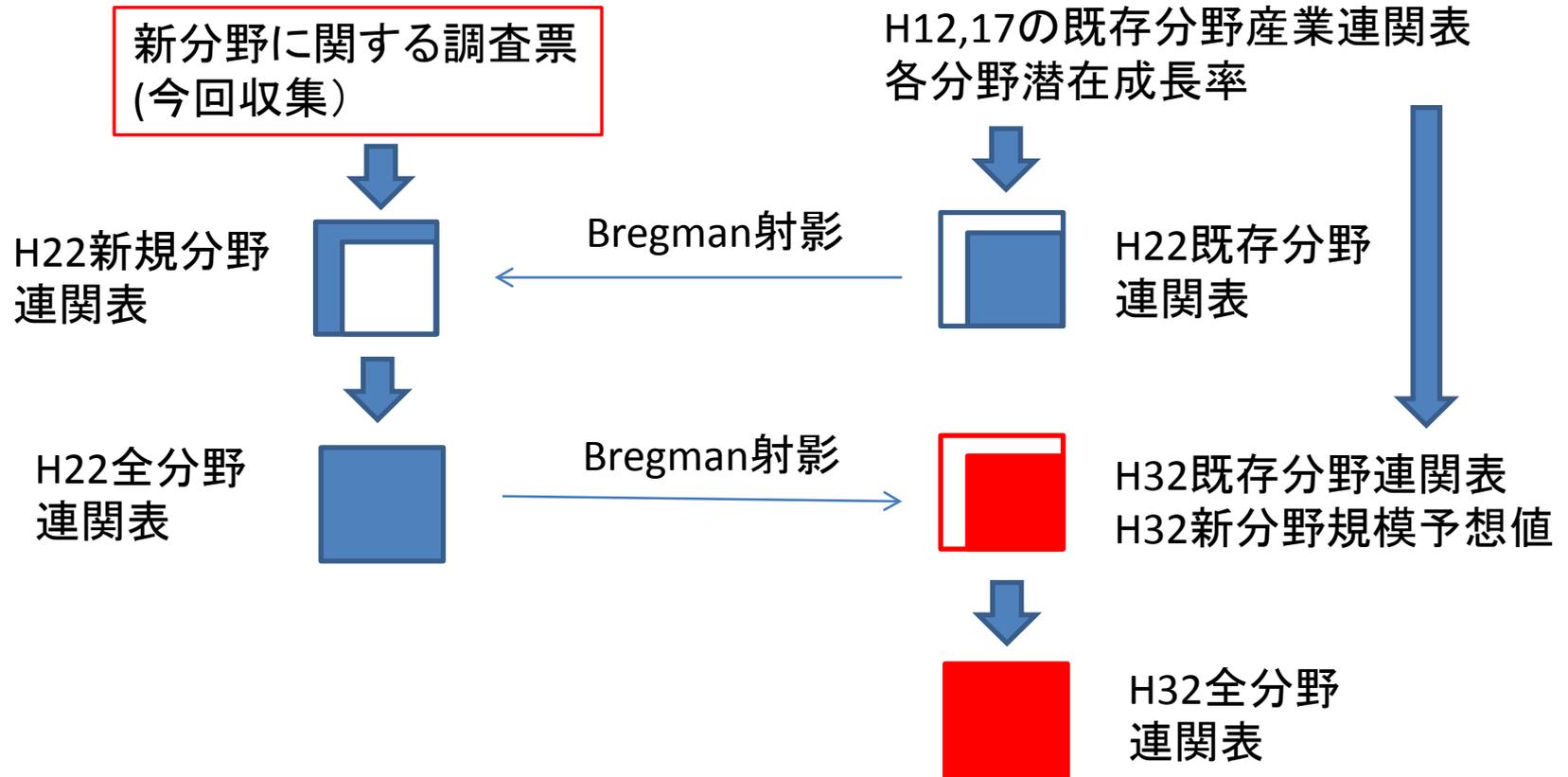
2005年の産業連関表

需要部門(買い手)		中間需要					最終需要	輸入	国内生産額
		農林水産業	鉱業	製造業	.	.			
供給部門(売り手)									
中間投入	農林水産業								
	鉱業								
	製造業								
	.								
	.								
	(計)								
粗付加価値									
国内生産額									

2020年の産業連関表

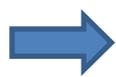
需要部門(買い手)		中間需要					最終需要	輸入	国内生産額
		推進分野①	~	推進分野⑥	農林水産業	鉱業			
供給部門(売り手)									
中間投入	推進分野①								
	~								
	推進分野⑥								
	農林水産業								
	鉱業								
	製造業								
	.								
	.								
	(計)								
粗付加価値									
国内生産額									

新規分野を含むH32連関表の推定



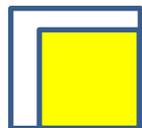
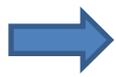
新規分野連関表と、既存分野連関表から、全分野連関表を作る

H22新規分野
連関表



線形制約
の集合

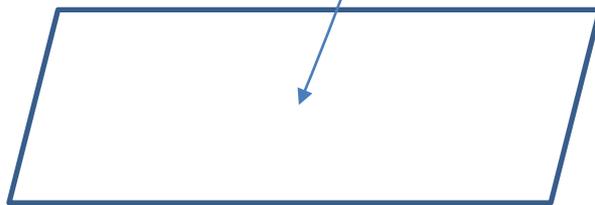
H22既存分野
連関表



相互作用行列
(Zero padded)



Bregman射影



線形制約
を満たす連関表

- 新規分野連関表で決まっている部分は残す
- 残りの部分を、既存分野連関表のBregman射影(e-射影)によって求める
- KL距離最小解

中間投入行列の情報幾何的分解

(22nd IIOA Conf., 2014, 世界初)

- A を周辺和 η と、相互作用行列 γ に分解
- 各行(各列)に異なる定数を掛けても γ は不変
- γ と η から A を再構成できる

$$A = R(\exp(\Gamma), \eta).$$

$$\begin{aligned} \gamma_{ij} = & \log a_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \log a_{ik} \\ & - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \log a_{kj} + \\ & \frac{1}{n^2} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \log a_{kl}. \end{aligned}$$

