

「グローバル・インフラストラクチャーが果たすべき
機能の『情報』による代替」に関する調査研究

研究調査報告書

【概要版】

2021年3月

博士（情報科学）東北大学、元中央大学教授

公益法人 日本グローバルインフラストラクチャー研究財団評議員

山崎 久道

はじめに

情報技術やネットワークの発展とその利用の日常化に伴い、従来、グローバル・インフラストラクチャーによって実現できると考えられてきた機能、さらには、効用、便益を、情報(情報技術、システム、データ、ネットワーク等)の力によって代替することにより、一定程度実現できる可能性があるものと考えられる。また、現実のグローバル・インフラストラクチャーの構築に対して、情報技術等の力が求められるようになってきている。

本研究調査では、そうした事例を、世界各国で発表された論文、技術文献等の中から、探し出して、評価・類型化等を試みた。これにより、今後のグローバル・インフラストラクチャー研究についての参考情報を提供することを目指した。

1. グローバル・インフラストラクチャーの機能、便益をどう捉えるか

1.1. インフラストラクチャーの定義と種類

インフラストラクチャーとは、「社会全体の活動を支える社会共用の施設(固定資産)である」¹ととらえられている。一方では、「社会資本」と同義のものとして、とらえられている²。その範囲は、以下のようなものである。

表 1 インフラストラクチャーの種類(機能別)

生活施設	上水道	水源地、浄水場、配水場、水道管など
	下水道	下水管きよ、処理場など
	廃棄物処理施設	焼却場、火葬場など
	公衆便所	
交通施設	道路	交通安全施設、交通情報施設を含む
	鉄道	
	港湾	航行安全施設(航路、灯台など)を含む
	空港	航空安全施設を含む
防災施設	河川施設	堤防、水制工、堰堤、貯水池など
	海岸施設	海岸堤防、消波堤、避難塔など
	消防施設	消火栓など
産業施設	農業施設	灌漑施設、農道
	林業施設	林道、索道、貯木場
	漁業施設	漁港
	工業施設	工業団地、工業用水
エネルギー施設	電力施設	発電所、変電所、送配電線
	ガス	ガスタンク、ガス管路
	石油備蓄施設	
通信施設	送信施設、通信線	
都市施設	地下街	
	余暇施設	公園、競技場など
公共建築物	庁舎	
	文化施設	博物館、音楽ホールなど
	社会安全施設	交番、刑務所など
国防施設		
測地・気象観測施設	基準点	
	気象観測所	

出所: 中村英夫編著「インフラストラクチャー概論」日経 BP 社, 2017, p.11-p.12.

生活、産業から、文化、国防まで広い範囲のものが含まれている。

また、インフラの整備による効果にはフロー効果とストック効果があるとされている。³フロー効果は、公共投資による経済活動により、短期的に経済全体を拡大させる効果である。ストック効果は、整備された社会資本により、短期のみならず、中長期にわたって得られる効果である。

1.2. 社会的共通資本の考え方

さらに、インフラストラクチャーを含むより広い概念として故宇沢弘文教授が提起した「社会的共通資本」という考え方がある⁴。社会的共通資本(Social Overhead Capital)は、以下のように定義される。

“一つの国ないし特定の地域に住むすべての人々が、ゆたかな経済生活を営み、すぐれた文化を展開し、人間的に魅力ある社会を持続的、安定的に維持することを可能にするような社会的装置”

この定義から、社会的共通資本が、現代社会にとって、欠くことのできないものであることが分かる。社会的共通資本には、表2に掲げる3種類がある。

表2 社会的共通資本の種類

種類	例
1.自然環境	大気、森林、河川、水、土壌
2.社会的インフラストラクチャー	道路、交通機関、上下水道、電力、ガス
3.制度資本	教育、医療、司法、金融制度

資料: 宇沢弘文『社会的共通資本. 岩波書店』(岩波新書, 696) 2000, p.22. に基づく

これから、社会的共通資本は、自然環境をはじめ、人工物、さらには社会にとって有用な制度をも含むことが理解される。これらは、いずれも私たち人間が、現在享受しているような文化的で便利で健康な生活を、今後も維持してゆくために、不可欠の社会的装置である。現在は、地球環境問題などの議論が盛んで、1の「自然環境」や2の「社会的インフラストラクチャー」については、ある程度の注目が集まっているものの、ハコモノでない「社会インフラ」や、3の「制度資本」について、論議されることは、あまり多くないようである。しかし、現代の民主主義国家や資本制経済にとって、制度資本の役割が大きいことは論をまたないものと思われる。現今の新型コロナウイルスに対する各国の対応の成否には、制度資本である医療システムの整備状況が、大きくかかわっているものと思われる。

これまで当財団が対象としてきた、グローバル・インフラストラクチャーは、この社会的共通資本に深く関係するものと考えられる。社会的共通資本は、人々の生活を経済的にも、精神的にも豊かにすることを目標とするものであり、それは、グローバル・インフラストラクチャーの構築の目標と一致する。具体的対象領域としては、2.の社会的インフラストラクチャーを中心に、1.自然環境の中の「水」なども含まれると考えられる。

2. 文献探索とそれにより得られた事例の評価とカテゴリ分け(類型化)の試行

2.1. 文献の探索(インフラ整備)

JDreamIIIサービスにより提供される JST Plus データベースを使用して、インフラ整備にかかわる文献を探索した。その結果、50,000 件以上の文献が得られた。

この結果の最新 1,000 件につき、文献にインフラと同時に出現する語(共出現語)の分布を調べたところ、以下の図のようになった。

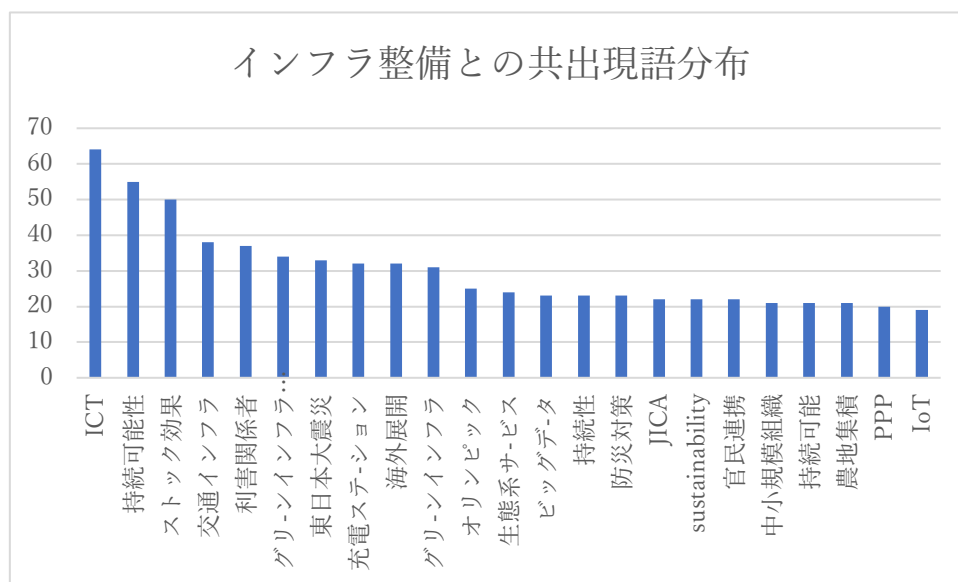


図3 インフラ整備との共出現語分布

資料:JDreamIIIサービスによって提供される JST Plus データベースの検索結果を同データベース内の「頻度分析」機能により解析した。

これを見ると、「ICT」「ビッグデータ」「IoT」などの情報通信技術関連の語が多く出現していて、インフラ整備について、情報や情報技術との関連が深いことが見てとれる。また、「持続可能性」「持続性」「sustainability」などの語も入っており、このことがインフラ整備の目標として重要視されていることがわかる。さらに「グリーンインフラ」も多く出現しており、この分野のインフラ整備を多く行っていることが、観察される。

さらに、この検索結果を、KH Coder でデータマイニング分析すると、以下のようになる。

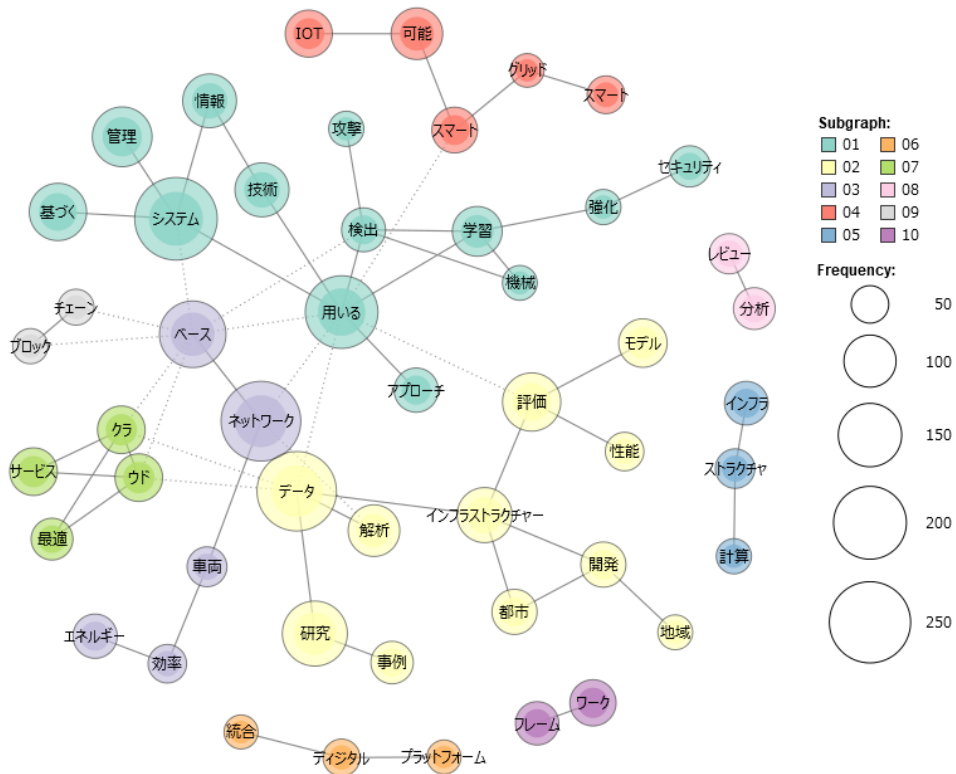
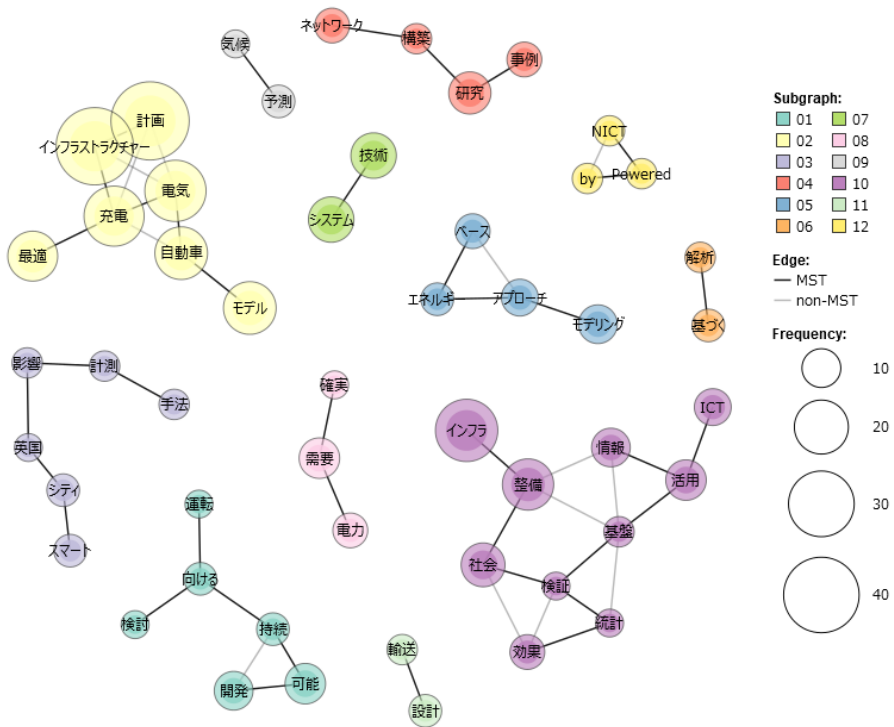


図4 インフラ整備共起ネットワーク

資料: Jdream データベースの検索結果を KH Coder により解析

上記分析から、以下のようなことが見てとれる。

- 1) 電気自動車の充電等についてのインフラストラクチャーが注目されている。
- 2) ネットワーク構築について言及されている。
- 3) インフラストラクチャーとICTについては、整備、活用、基盤などの関連がある。
- 4) スマートシティが扱われている。
- 5) 情報システムが、広く関係していることが見てとれる。
- 6) インフラストラクチャーの評価や開発にデータが活用されている。
- 7) クラウド、デジタルプラットフォーム、ネットワークなどに注目が集まっている。

2.2. 文献の探索(インフラと情報)

JDreamⅢサービスにより提供されるJSTPlusデータベースを使用して、情報、情報技術とインフラを含む海外文献を探索した。その結果、9,377件の文献が得られた。海外文献に絞ったのは、当財団のこれまでの対象地域が、おもに日本以外の諸国、諸地域であるからである。

まず、KH Coderによる共起ネットワーク図を示す。ここには、全体的傾向が表れているものと思われる。

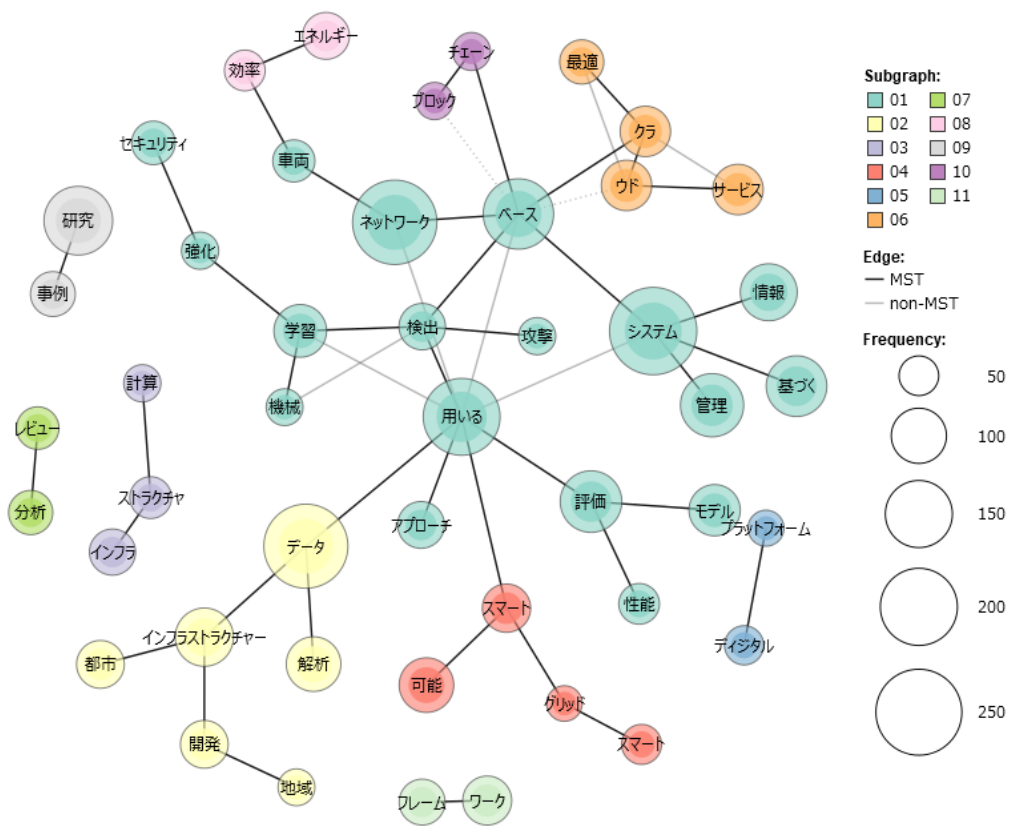


図5 インフラ×情報共起ネットワーク

資料: Jdream データベースの検索結果を KH Coder により解析

この図から、インフラにおける情報技術の利用について、以下のことが推測される。

- (1) エネルギーや車両について、効率化が行われている。
- (2) 都市開発については、評価やモデルが行われている。
- (3) 全体に、システムによる管理、学習、セキュリティに面で使われている。

次に、同じく、KH Coder によって、クラスター分析を行った。

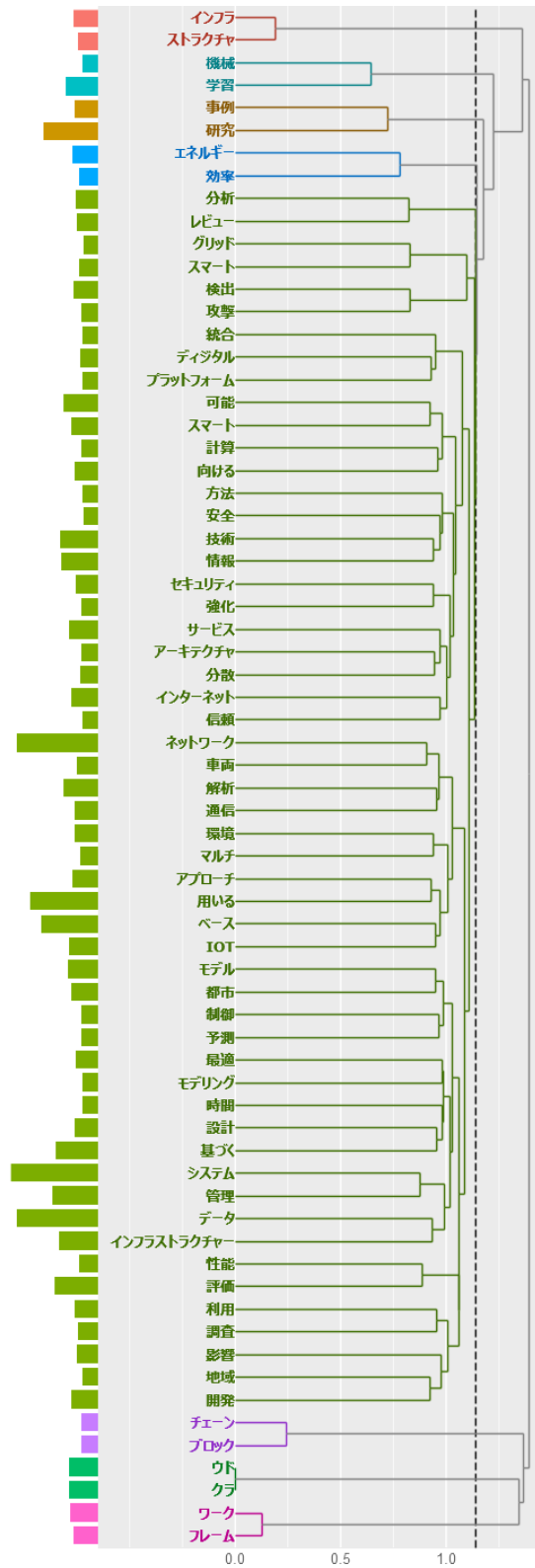


図6 インフラ×情報クラスター分析

資料: Jdream データベースの検索結果を KH Coder により解析

上の図では、数量的に似ているとみなされた語同士が、樹形図で結ばれている。この結果から、以下のような特徴があることが見て取れる。

- 1) エネルギーの効率化
- 2) セキュリティの強化
- 3) アーキテクチャの分散
- 4) インターネットの信頼性
- 5) 車両のネットワーク
- 6) 都市のモデル
- 7) ブロックチェーン

インフラストラクチャー全体については、

- 1) 性能評価
- 2) 利用調査
- 3) 地域開発への影響計測

などに対して、情報や情報技術が活用されていることがわかる。

3. 考察

3.1. インフラと情報や情報技術との関係

これまでの調査検討でインフラストラクチャーと情報もしくは情報技術の関係は、以下のよう
に整理できる。

- | |
|---|
| <p>(1) 代替関係
情報、情報技術の利用によって、インフラの効果や機能を代置する。</p> <p>(2) 増強関係
情報、情報技術によって、インフラの機能を拡大増強する。</p> <p>(3) 補完関係
情報、情報技術によって、インフラの機能の不足する部分を、補う。</p> |
|---|

3.2. 今後、可能性ある領域の発掘の試み(その1)

さらに、以上の議論を具体的に展開すると、インフラストラクチャー整備における情報の利用の
意義、またインフラストラクチャーの機能、効果を情報や情報技術で代替する理由としては、以下の
ようなことが考えられる。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1) 機能の増強あるいはインテリジェント化2) 事前評価もしくは機能測定3) 機能そのものの代替4) CO2 削減効果5) 感染症の防御 |
|--|

「1)機能の増強あるいはインテリジェント化」は、上記「増強関係」に当たる。

「2)事前評価もしくは機能測定」は、上記「補完関係」に当たる。

「3)機能そのものの代替」は、上記「代替関係」に当たる。

「4)CO2 削減効果」と「5)感染症の防御」は、具体的な目的、効果に当たる。

そこで、より問題点を明確にするために、再度、検索を行った。その文献探索結果から、以下のよ
うなことが明らかになった。

表4 「インフラストラクチャー整備における情報の利用の意義、またインフラストラクチャーの機能、効果を情報や情報技術で代替する理由」に関する文献の例

インフラストラクチャー整備における情報の利用の意義、またインフラストラクチャーの機能、効果を情報や情報技術で代替する理由	文献番号	備考
1) 機能の増強あるいはインテリジェント化	27、35、37、39、49、51、54、72、77、78、80、82、84、88、91、97、100	
2) 事前評価もしくは機能測定	3、10、12、14、18、19、20、23、40、44、47、50、68、69、92、96、98、99	
3) 機能そのものの代替		
4) CO2 削減効果		
5) 感染症の防御		

ここから見ると、これまでの研究では、情報や情報技術のインフラストラクチャーへの活用は、「機能の増強あるいはインテリジェント化」および「事前評価もしくは機能測定」に集中していて、「機能そのものの代替」へは、踏み込んでいないようである。

3.3. インフラストラクチャーに対する情報や情報技術による代替可能性についての先行研究

オーストラリアのシドニー大学米国研究センター(United States Studies Centre, the University of Sydney)が発表した『デジタルインフラストラクチャーは、いかにして物的インフラストラクチャーに代替可能か』⁵⁾によると、これまで情報技術は、物的インフラの補強の目的で使われてきたが、それを、物的インフラの代用として使えないかを検討したとしている。その例として、高速道路の物的拡張が、早晚限界に達するので、その機能を情報の力で代置することが求められるとしている。

他方、通信と交通は、代替効果は二地点間の距離が増すにつれ強まるとしている一方、通信と交通は、代替財というより、補完財といえると結論づけている例もある⁶⁾。

通信と交通の代替可能性については、早くも 1970 年代に、米国南カリフォルニア大学のジャック・M.ミルズ教授他による先駆的研究がある⁷⁾。これは、全米科学財団の「国家的ニーズを満たすための研究計画(Research Applied to National Needs<RANN>Program)」から助成金を受けたいわば国家的プロジェクトであった。この時代は、第一次オイルショックを受けて、エネルギー等の資源の節約に対する社会の要請が高まった時期であった。しかし、情報通信技術の発達は、インターネットも現れておらず、コンピュータの性能もまだ幼稚な段階にあった中で、このような問題

意識のもとに研究が行われたことは注目すべきである。

3.4. 今後、可能性ある領域の発掘の試み(その2)

既存インフラに対する情報技術の代替による効果として、これまで、最も研究や実践が進んでいるのは、道路交通と通信の代替関係であろう。道路交通の場合、情報あるいは情報技術による代替のメリット、デメリットは、以下のようにまとめられる。

【メリット】

化石燃料の削減による CO2 削減効果 移動時間の省略 二酸化炭素排出の削減 感染症拡大の防止
--

【デメリット】

自動車製造、道路建設などの減少による GDP 低下 雇用の縮減 石油産業などのエネルギー関連産業の衰退 製造業全般の衰退

道路建設や自動車製造は、すそ野の広い産業であり、また、運輸・輸送は雇用数も多い。こうした産業の縮小は、経済に大きな影響を与える。ただし、情報や情報技術、特に通信技術による代替は、地球環境問題の緩和、勤務・生活時間の確保、感染症の予防などに、大きな効果を発揮する。とくに、今世紀に入り、こうした社会問題の解決が喫緊の課題となっている状況下において、社会変革の起爆剤となることが期待される。

前述したように、インフラストラクチャーに対する情報や情報技術の適用は、これまでのところ、「機能の増強あるいはインテリジェント化」および「事前評価もしくは機能測定」といった補助的側面に集中しており、交通と通信を除くと、「機能そのものの代替」にまでは進んでいない。

当財団として、一つの着眼点としては、上記「3) 機能そのものの代替」ならびに「4) CO2 削減効果」あたりに焦点を絞ることが考えられよう。

ある論考では、以下のような結果が示されている。

テレビ会議の CO2 排出削減量は、8,468kg/年、とされている。これは、紙や人の削減、交通機関の利用減少によるものである。つまり、テレビ会議によって、年間 1 トン弱の CO2 を削減できるとしている。

さらに、ICT と CO2 削減にかかわる日本語論文を探索してみた。このうち、「グリーンインフラストラクチャー」も、今後の有力な領域として、注目に値しよう。米国のバイデン新大統領は、今後、環境インフラに力を入れることを表明している。⁸

以上

注、引用文献

1 中村英夫編著『インフラストラクチャー概論』日経 BP 社, 2017, p.13.

2 インフラ政策研究会『インフラ・ストック効果』中央公論新社, 2015, p.62.

3国土交通省ホームページ

<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/stock/stockeffect.html> (2020-12-03 接続)

4 宇沢弘文『社会的共通資本. 岩波書店』(岩波新書, 696) 2000, 239p.

5 Hugh Bradlow, Arjun Jayachandra “How Digital Infrastructure can substitute for Physical Infrastructure” The United States Studies Centre at the University of Sydney,

6 今川拓郎『通信と交通は代替的か？—「ITと都市」へのインプリケーション』*郵政研究月報* 2001年6月号, p.55-p.69.

7 J.M・ニルズ他(行廣清美監修、財団法人電気通信総合研究所訳)『省エネルギー時代の選択—交通に代替する電気通信—(The Telecommunications—Transportation Tradeoff: Options for Tomorrow)』産業能率短期大学出版部, 1977, 326p. これは、同プロジェクトの最終報告書を増補改訂したものである。

8 「バイデン米民主党大統領候補、環境インフラ政策を発表」、2020年7月17日.