

提言

社会的課題に立ち向かう「総合工学」の
強化推進



平成29年（2017年）9月6日

日本学術会議

総合工学委員会

この提言は、日本学術会議総合工学委員会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議総合工学委員会

委員長	渡辺美代子	(第三部会員)	国立研究開発法人科学技術振興機構副理事
副委員長	松岡 猛	(連携会員)	宇都宮大学基盤教育センター非常勤講師
幹事	鈴置 保雄	(第三部会員)	愛知工業大学工学部教授、名古屋大学名誉教授
幹事	萩原 一郎	(連携会員)	明治大学、研究知財戦略機構特任教授、東京工業大学名誉教授
	新井 民夫	(連携会員)	技術研究組合国際廃炉研究開発機構 副理事長、東京大学名誉教授
	有信 睦弘	(連携会員)	国立研究開発法人理化学研究所理事
	大倉 典子	(第三部会員)	芝浦工業大学学長補佐、工学部教授
	大野 英男	(第三部会員)	東北大学電気通信研究所所長・教授
	川口淳一郎	(第三部会員)	国立研究開発法人宇宙航空開発機構シニアフェロー、宇宙科学研究所宇宙飛翔工学研究系教授
	小長井 誠	(第三部会員)	東京都市大学総合研究所特任教授、東京工業大学名誉教授
	五神 真	(第三部会員)	東京大学総長
	小松 利光	(第三部会員)	九州大学名誉教授
	中村 崇	(第三部会員)	東北大学名誉教授
	波多野睦子	(第三部会員)	東京工業大学大学院理工学研究科教授
	藤井 孝藏	(第三部会員)	東京理科大学工学部教授
	保立 和夫	(第三部会員)	豊田工業大学副学長・教授
	松尾由賀利	(第三部会員)	法政大学理工学部教授
	松本洋一郎	(第三部会員)	国立研究開発法人理化学研究所理事、東京大学名誉教授
	浅間 一	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	疇地 宏	(連携会員)	大阪大学レーザー科学研究所特任教授
	荒川 泰彦	(連携会員)	東京大学生産技術研究所教授・同ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構長
	市川 昌和	(連携会員)	東京大学名誉教授
	内田 健康	(連携会員)	早稲田大学理工学術院教授
	大島 まり	(連携会員)	東京大学大学院情報学環/生産技術研究所教授
	大和田 秀二	(連携会員)	早稲田大学理工学術院教授

奥村 次徳	(連携会員)	地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター理事 長
金田千穂子	(連携会員)	株式会社富士通研究所特任研究員・大阪大学特任教授
岸本喜久雄	(連携会員)	東京工業大学環境・社会理工学院長、教授
木村 忠正	(連携会員)	国立研究開発法人科学技術振興機構プログラムオフィサー
木村 英紀	(連携会員)	国立研究開発法人理化学研究所理研 BSI-トヨタ連携センター長
木村 文彦	(連携会員)	東京大学名誉教授
越塚 誠一	(連携会員)	東京大学人工物工学研究センターセンター長、大学院工学系研究科教授
小机わかえ	(連携会員)	神奈川工科大学教授
後藤 俊夫	(連携会員)	中部大学顧問、名古屋大学名誉教授
小山田耕二	(連携会員)	京都大学学術情報メディアセンターコンピューティング研究部門教授
近藤 駿介	(連携会員)	原子力発電環境整備機構理事長、東京大学名誉教授
財満 鎮明	(連携会員)	名古屋大学理事・副総長
柴田 徳思	(連携会員)	株式会社千代田テクノ大洗研究所アドバイザー、東京大学名誉教授、高エネルギー加速器研究機構名誉教授、総合研究大学名誉教授
新 誠一	(連携会員)	電気通信大学情報理工学研究科教授
杉原 正顯	(連携会員)	青山学院大学理工学部教授
鈴木 真二	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
鈴木 久敏	(連携会員)	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構監事、筑波大学名誉教授
鈴木 宏正	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
関村 直人	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
高井まどか	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
高田 章	(連携会員)	旭硝子株式会社先端技術研究所特任研究員
田島 道夫	(連携会員)	明治大学研究・知財戦略機構特任教授、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所名誉教授
橘 邦英	(連携会員)	大阪電気通信大学工学部教授
為近 恵美	(連携会員)	横浜国立大学成長戦略研究センター教授
筑本 知子	(連携会員)	中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター教授
所 千晴	(連携会員)	早稲田大学理工学術院教授
二ノ方 壽	(連携会員)	東京工業大学名誉教授
早川 義一	(連携会員)	愛知工業大学教授

原 辰次	(連携会員)	中央大学研究開発機構教授、東京大学・東京工業大学 名誉教授
平岡 佳子	(連携会員)	株式会社東芝研究開発センター研究員
藤田 修	(連携会員)	北海道大学大学院工学研究院教授
増澤 徹	(連携会員)	茨城大学副工学部長、教授・評議員
美濃島 薫	(連携会員)	電気通信大学情報理工学研究科教授
宮内 敏雄	(連携会員)	東京工業大学名誉教授
宮崎 恵子	(連携会員)	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上 技術安全研究所 運航解析技術研究グループ長
向殿 政男	(連携会員)	明治大学名誉教授
門出 政則	(連携会員)	国立大学法人佐賀大学理事
矢川 元基	(連携会員)	公益財団法人原子力安全研究協会会長、東京大学名誉 教授、東洋大学名誉教授
矢部 彰	(連携会員)	国立研究開発法人産業技術総合研究所理事
山口しのぶ	(連携会員)	東京工業大学学術国際情報センター教授
山崎 光悦	(連携会員)	金沢大学学長
吉村 忍	(連携会員)	東京大学副学長、大学院工学系研究科教授

日本学術会議総合工学委員会総合工学企画分科会

委員長	渡辺美代子	(第三部会員)	国立研究開発法人科学技術振興機構副理事
副委員長	松岡 猛	(連携会員)	宇都宮大学基盤教育センター非常勤講師
幹事	鈴置 保雄	(第三部会員)	愛知工業大学工学部教授、名古屋大学名誉教授
幹事	萩原 一郎	(連携会員)	明治大学研究知財戦略機構特任教授、東京工業大学名 誉教授
	新井 民夫	(第三部会員)	国際廃炉研究開発機構 副理事長、東京大学名誉教授
	有信 睦弘	(第三部会員)	国立研究開発法人理化学研究所理事
	大野 英男	(第三部会員)	東北大学電気通信研究所所長・教授
	川口淳一郎	(第三部会員)	国立研究開発法人宇宙航空開発機構シニアフェロー、 宇宙科学研究所宇宙飛行工学研究系・教授
	小長井 誠	(第三部会員)	東京都市大学総合研究所特任教授、東京工業大学名誉 教授
	五神 真	(第三部会員)	東京大学総長
	小松 利光	(第三部会員)	九州大学名誉教授
	中村 崇	(第三部会員)	東北大学名誉教授
	波多野 睦子	(第三部会員)	東京工業大学大学院理工学研究科教授
	藤井 孝藏	(第三部会員)	東京理科大学工学部教授

保立 和夫	(第三部会員)	豊田工業大学副学長・教授
松尾由賀利	(第三部会員)	法政大学理工学部教授
松本洋一郎	(第三部会員)	国立研究開発法人理化学研究所理事、東京大学名誉教授
浅間 一	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
荒川 泰彦	(連携会員)	東京大学生産技術研究所教授・同ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構長
河田 聡	(連携会員)	大阪大学大学院工学研究科教授
後藤 俊夫	(連携会員)	中部大学副学長、名古屋大学名誉教授
柴田 徳思	(連携会員)	株式会社千代田テクノ大洗研究所アドバイザー、東京大学名誉教授、高エネルギー加速器研究機構名誉教授、総合研究大学名誉教授
原 辰次	(連携会員)	中央大学研究開発機構教授、東京大学・東京工業大学名誉教授
宮内 敏雄	(連携会員)	東京工業大学名誉教授
矢川 元基	(連携会員)	公益財団法人原子力安全研究協会会長、東京大学名誉教授、東洋大学名誉教授
吉村 忍	(連携会員)	東京大学副学長、大学院工学系研究科教授

本提言の作成にあたり、以下の方々に御協力いただいた。

藤井 秀樹 東京大学大学院工学系研究科講師

本提言の作成にあたり、以下の職員が事務及び調査を担当した。

事務	石井 康彦	参事官 (審議第二担当) (平成 29 年 7 月まで)
	糸川 泰一	参事官 (審議第二担当) (平成 29 年 7 月から)
	松宮 志麻	参事官 (審議第二担当) 付参事官補佐 (平成 29 年 7 月まで)
	高橋 和也	参事官 (審議第二担当) 付参事官補佐 (平成 29 年 7 月から)
	柳原 情子	参事官 (審議第二担当) 付審議専門職

要 旨

1 作成の背景

様々な技術が発達した現代社会は、各技術が人間系も含めて相互に緊密に関連しながら形成されている巨大複雑系システムと捉えることができる。このような社会において必要とされる学問は、伝統的分野だけではなく、複数の学問領域が融合し、複合しながら創られる。こうした社会状況を反映し、2005年（平成17年）に始まった第20期日本学術会議において、新たな理学・工学分野として総合工学委員会が誕生した。本委員会は学際的・複合的分野を包含するものとして位置づけられ、総合工学の定義を追求すると共に、総合的視点が必要な工学分野ごとに分科会を設置し、その分科会を中心にそれぞれが総合工学の深化を図ってきた。

2 現状及び問題点

2011年（平成23年）3月に発生した東日本大震災の体験によって、自然災害と原子力発電所事故に対して、わが国全体が工学を含めた科学だけではこれらの災害と事故の問題解決はできないことを深く認識した。特に、工学が創り出した原子力発電所の事故に対して、工学がその解決には甚だ非力であることを深く思い知らされた。工学を始めとする学問は、これまでの歴史において社会的・経済的な価値の創出に貢献してきたものの、破局的事態の遭遇にはなすすべを持たず、社会的・経済的損失については対応できなかった。

学術が社会に対して責任を持つためには、価値の創出と同時に損失に対しても最小化を図り、かつその後の責任を果たすことが必要である。そのためには、あらゆる工学の知を総動員し、更には工学以外の分野をも柔軟に取り込んだ「総合工学」を再定義し、社会に貢献できる総合工学の課題を明確にし、課題を克服するための施策を考案し実行することが必要となっている

このような状況を背景とし、2014年（平成26年）10月に始まった第23期においては、東日本大震災の経験から学んだことをもとに、総合工学を再定義し、それが果たす役割について検討してきた。その結果をここに提言として公表するものである。

3 提言の内容

(1) 社会の声を聞き、工学に取り込む

科学者は、社会が何を求めているのかを深く知るために、「社会的期待」を的確に捉える努力が必要である。そのためには、科学者の専門技術をめぐる俯瞰的視野を持ち、社会的課題に直面している市民や様々な関係者と常に対話し続け、科学技術が生み出す製品やシステムがもたらし得る社会的課題を見だし、その解決に責任を持って取り組むべきである。そのために使用される情報通信技術の活用においては、有用性のみに着目するのではなく、セキュリティや過度のパーソナライゼーション、その不十分性の認識不足によるリスクの増大等の社会的課題についても常に考慮する必要がある。「社会的期待」を捉えるには、科学者の論理や価値観にはない科学者以外の人々が考える社会

的・経済的損失の概念をも課題に取り込み、新たな学問分野を生み出し、これまでに発展してきた分野を融合・複合していく知の統合としての工学を進めるべきである。その結果として、社会的期待により応える工学となることが期待される。そのためには、文部科学省は新たな学問分野として期待される可能性のある学問分野のリストを作成し、委員会等を設置して定期的に更新することが望まれる。

(2) 新しい研究評価基準の構築

研究評価を実施する研究費配分機関や大学等は、社会の要請や期待に応える研究開発の評価にあたり、研究評価の仕組みをその特性に適合した形に変更し、構築していくことが必要不可欠である。融合・複合的研究課題の評価においては、その評価基準を課題の特性に即した形で設定し、新たな研究分野を多様な観点から評価できるよう、幅広い専門家によって評価を実施すべきである。従来型評価指標と比較してより長期的観点の指標が必要であり、数値化しがたいものについては到達の状態を示す等の定性的目標を設定し、詳細にその到達度を測る必要がある。また、融合・複合はプロセスであるため、研究成果ではなく研究プロセスそのものを評価する評価システムの確立が必要である。

(3) 総合工学を担う人材の育成

文部科学省と大学は、企業、政策関係機関等と協力しながら、総合工学を担う人材の育成を実現する教育制度の構築を進める必要がある。真なる社会的課題を捉えその解決を図る総合工学は、現在の大学にとっても産業界にとっても容易ではない。このようなことが実践できる人材の育成には、多様な専門知識の習得や多様な環境で育った人材が切磋琢磨し合える環境と経験が必要であり、次代の総合工学を担う人材を育成する良好な循環を生み出すメカニズムの構築が必要である。例えば、認識科学と設計科学の連携等、具体的な社会的課題に対する知の統合による解決等を、産学官が一体となって進める制度を構築すべきである。

目 次

1	はじめに.....	1
2	「社会のための科学」推進のための総合工学.....	3
	(1) 総合工学の向かうべき方向性.....	3
	(2) 「知の統合」と総合工学.....	4
	(3) 総合工学の特徴とカテゴリー.....	5
	① 総合工学カテゴリー1：総合システム志向型.....	6
	② 総合工学カテゴリー2：基盤ディシプリン拡散型.....	7
	③ 総合工学カテゴリー3：総合工学のコアディシプリン型.....	7
	④ 総合工学カテゴリー4：分野横断型.....	8
3	社会の声を聞き、工学に取り込むために.....	9
	(1) 社会的期待把握の必要性和難しさ.....	9
	(2) 総合工学として求められる対応.....	9
	(3) 東日本大震災における事例から学ぶ.....	9
4	研究評価.....	12
5	人材育成.....	16
	(1) 大学における人材教育.....	16
	(2) プロジェクトを通しての人材育成.....	17
	(3) 総合工学分野の人材育成の要点.....	18
6	提言のまとめ.....	20
	(1) 社会の声を聞き、工学に取り込む.....	20
	(2) 新しい研究評価の構築.....	20
	(3) 総合工学を担う人材の育成.....	20
	<用語の説明>.....	21
	<参考文献>.....	22
	<参考資料1> 審議経過.....	24
	<参考資料2> シンポジウム開催.....	26

1 はじめに

現代社会は、様々な技術が相互に関連しながら社会に深く広く入り込み、多様な人間系も絡みあう巨大複雑系社会となっている。このような状況において、現代の工学は、個別のディシプリンに基づく基盤工学の学問領域と、特定のシステムや対象を取り扱う複合的学問領域や工学全般にわたる横断型学問領域から構成される。前者は、電気、機械、物理工学、化学工学、生命工学、材料、情報、土木、建築などが相当する。後者は、応用物理、計測、制御、計算機科学、計算科学・シミュレーション、エネルギー・資源、放射線利用、宇宙航空、海洋船舶、安全・安心・リスク学、環境学、巨大社会システムなどが含まれる。後者は、「学際」領域や「複合」領域という言葉でここ20年くらいの間に急速に意識され始めた学問分野であり、学問の領域が伝統的な一つの基盤ディシプリンに収まらずに複数の学問領域が融合し、複合してできる新たな学問領域である。これらの工学の新しい学問領域は、総合工学と総称されるようになってきた。このような成り立ちゆえに総合工学の中身は常に社会の変容とともにダイナミックに変化し続けている。一方、学際化や複合化はいまやすべての研究において日々進んでいるものの、その定義は明確にはされていない。

このような背景のもと、2005年10月にスタートした第20期日本学術会議において再編成された30の分野別委員会の一つとして総合工学委員会が誕生することとなった。理学・工学分野の委員会には、他に環境学、数理科学、物理学、地球惑星科学、情報学、化学、機械工学、電気電子工学、土木工学・建築学、材料工学がある。ディシプリンに基づく縦型あるいは特定領域や分野に関する委員会がほとんどの中で、総合工学委員会は、包含する分野が必ずしも明確に定められない学際的・複合的分野を担当する役目を担っている。

総合工学に関して、2008年7月号の『学術の動向』において「総合工学の役割と展望」という特集が組まれている[1]。総合工学委員会の2期目となる2010年7月には「総合工学とは何か」という公開シンポジウムを開催し、これをもとに2010年12月に発行された『学術の動向』において、「総合工学とは何か」という特集が生まれ、総合工学に関する議論が行われた[2]。さらに、2010年4月5日にまとめられた提言「日本の展望—理学・工学からの提言」[3]、及び報告「総合工学分野の展望」[4]においても、総合工学に関する議論がまとめられている。それらの要点は以下の通りである。

総合工学は、工学基礎、応用物理、宇宙航空、海洋船舶、資源、エネルギー等の学際的・複合的分野と安全・安心・リスク学や経営工学などの工学と科学技術全体に跨る課題とを含んでいる。すなわち、総合工学は、これまで別々の分野として発展してきた学際・複合的な分野を包含し、さらに環境問題など工学全体、科学技術さらに社会全体に跨る課題をも対象としており、広い分野間の学問の連携・融合を促すことにより、新しい領域の創成や社会で求められる技術、価値あるいは概念を作り出すという重要な役割を担っている。総合的視野にたつて、21世紀の科学技術革新を真の社会的・経済的価値の創造に結実する視点が、いまこそ求められている。工学と科学技術全体を課題としている総合工学の学術的役割は、包含する分野の深化を図ると同時に、これらの要求に応えるために、既存分野と融合してイノベーションの創出を図るなど、社会に求められる技術や価値を創造するための科学技術の強化を図ることである。

また、2011年3月11日に発生した東日本大震災においては、自然災害と原子力発電所事故に対して、現在の科学だけでは問題解決できないことを体験した。社会的・経済的価値の創出だけでなく、その結果としての社会的・経済的損失に対しても学術で応え、学術が総合的に社会に対して責任を持つためには、あらゆる工学を駆使して社会の課題を解決する総合工学が充実される必要がある。この観点について、2014年6月13日に日本学術会議総合工学委員会原子力事故対応分科会から出された報告「東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓」[5]の中で、「この事故において、総合技術としての原子力技術に重大な欠陥があったことが顕在化した。この事故を防ぐことができなかつたことに関してこれまで原子力にかかわってきた科学者の責任も大きく反省すべきである」と指摘された。その上で、原子力施設においてはいったんリスクが顕在化すると大きな被害をもたらすことがあるが、これを一般の人々に周知していなかつたこと、が大きな課題の一つとして指摘された。さらに、地震・津波と原子力という2つの異なる学術分野の知がうまくかみ合わなかつたこと、原子力安全においては放射線の人体への影響といった医学的な知やその自然環境への影響や食品などへの影響も含めた生物学・環境学の知が重要であること、さらに法と経済にかかわる知も必要であり、このように直接関連しないと思われる分野の知を統合して諸課題に対処すること、すなわち「知の統合」の実践におけるリーダーシップを発揮することが必要である、と強く指摘された。

「学際」や「複合」は学問の発展プロセスであるため、ある意味で自然に生み出されるが、異分野の学問の接触が新しい知を創発する「知の統合」は難しい課題である。総合工学委員会では、現代の学術における「知の統合」の必要性について文理双方の視点から詳細に検討し、「知の統合」の基本的あり方も議論している。総合工学の主な役割の一つは「知の統合」を具現化することである[6, 7]。「知の統合」につながる異分野連携の成功事例を俯瞰し分析すると、「知の統合」が成し遂げられた背景には共通性があることがわかる。それは、時代の必然的な要請という「機」であり、連携を行う「場」、そして、推進を担う適切な「人」の存在である。時代の要請といった「機」に関しては予め対応することができないとしても、「知の統合」のための仕組みとしての「場」を予め整備し、それを担う「人」を予め育てておけば、時々の時代の要請に速やかに対応することが可能となって、それによって多くの課題を迅速かつ的確に解決することができる。

以上のように、伝統的ディシプリンに基づく縦型あるいは特定の領域や分野に関する学問領域との対比の中で、「学際」や「複合」というキーワードを手掛かりにその特徴が語られ、さらに「知の統合」との対比の中で語られてきたのが「総合工学」であると言える。総合工学委員会が設立されて10年以上を経過した第23期の活動の一つとして、いま改めて「総合工学」の特徴を分析し、それを踏まえた上で、社会的課題と連携する「総合工学」の強化推進を提言する。なお、ディシプリンに基づく基盤工学分野でも先端領域において裾野を拡大する中で、総合工学的視点の取り込みが進んでいる。したがって、本提言は、総合工学とは、現代工学における学術体系の中で普遍的な立ち位置を有していることを改めて再確認し、現代社会が内包・直面する課題の発見・解決に挑戦するための学問であることにも焦点をあてる。

2 「社会のための科学」推進のための総合工学

(1) 総合工学の向かうべき方向性

そもそも「総合」という言葉は、広辞苑によれば「個々別々のものを一つに合わせてまとめること」、あるいは「分析的思考によってとらえられたいくつかの部分・要素を結び合わせて統一的に構成すること」を表している。それでは、その言葉を戴く「総合工学」とはどのような学問領域であろうか。日本学術会議において第22期までに行われてきた議論は第1章に述べたところであるが、2016年7月20日に開催された日本学術会議の公開シンポジウム「総合工学シンポジウム2016 知の統合を如何に達成するかー総合工学の方向性を探るー」[8]において、吉川弘之氏は、「総合」と「分析」の対比、「実世界との整合性」、「社会的期待」の3つの観点から総合工学の向うべき方向性について次の議論を展開した。

伝統的科学は知的好奇心に導かれるものであって、個別の真理の探究である。その探求の結果として法則を導出し、法則群が自然と整合的な知識体系を構成する。成果の評価は科学者自身が行う閉じた世界である。一方、新しい科学においては、全体として倫理的な知性を実現する。法則を見つけるだけではなく、整合的な環境を創らなければならない。また成果は社会の人々の評価、選択を受けることになる。総合工学は科学の一分野を形成するが、社会に開かれている社会的な行為である。伝統的科学では恒常性・普遍性が知的好奇心の対象であったが、新しい科学では変化や秩序の崩壊が本質である。

はじめに、「分析」と「総合」の対比について考える。物事を様々な視点で要素分解して見えた、すなわち「分析」できたとき、科学的な視点で理解したとなる。しかし、デカルトはそうではなく、「総合」してみても何ができるかを知ったとき、初めて理解できるとした。できるだけたくさんものを枚挙し、何も見落とさなかったといえるとき、初めて理解できたといえる。この行為が「総合」である。分析的な研究は、対象が物理的な世界であれば自然科学となり、対象が社会であれば社会科学となる。理解の目的は、社会科学は意味の秩序であり、自然科学は存在の秩序である。この中間に機能の層があり、総合工学は機能の層をカバーする学術領域である。工学の本質は、分析でなく構成・設計にある。分析と設計は対になっているが、これらを分けてしまったところに知識の不可逆性がある。力学的な問題は逆問題として解くことができるが、言語学や社会学あるいはサステナビリティに関する学問は逆問題として解くことができない。これらの問題が設計の中心にある。考えられる機能と方程式を地道に列挙して前もって知るのが、設計あるいは総合工学に求められる問題である。

次に、「実世界との整合性」について考えてみる。ものが対象に組み込まれたときに秩序を守るにはどうすればよいか。対象があり、それを観察する人がいて、良くするための提案者がいて、実現するための行動者がいる。それらがループしながら次第に最適点に向かっていく。一種の進化論である。このプロセスを研究の中に取り込まねばならない。典型的なものは言語であり。言語は進化するし、棄却もされる。科学的知識も進化の構造を持っているべきであるが、残念ながら持っていない。もしかしたら危険なものも含まれているかもしれないが、進化の構造がないために淘汰されることがない。言

話の構造と対比してみると、観察者は物理学者や環境学者、社会学者にあたる。一方、提案者は工学者であり、行動者は行政・法律家である。この中で、工学者は非常に大きな責任を担っていることがわかるが、情報循環の中で社会に影響を与えるということに気づいていない。この情報循環を明示的にすることが重要である。地球温暖化問題では、科学者が観察して危険性を認知し、結集して温暖化の科学的根拠を集め、それによって国連が動き、各国に作用した。情報循環があったからできたのである。

最後に「社会的期待」について考える。行為の結果は社会によって判断される。総合工学によっていかに良いものを作っても、世の中で受け入れられるかどうかはわからない。新しいシステムを創る人々は、社会が何を求めているか深く知る必要がある。ただし、改めて考えると「社会的期待」を的確に捉えることはなかなか難しい。大多数の人々が合意していると思われる豊かさ、環境、安心・安全は可視的な期待である。しかし広く言及されていても、合意が成立していない例もある。国連で Sustainable Development Goals (SDGs) の提案がなされた[9]。途上国だけでなく、先進国にも潜在的な問題がある。SDGs は科学技術に対する重大な警告であると同時に、期待感が表れたメッセージと捉えることもできる。それに対応してきたのは総合工学であったはずである。総合工学は新しい段階に入っているのではないだろうか。

以上が吉川弘之氏によるシンポジウムで示された総合工学の向かうべき方向である。

(2) 「知の統合」と総合工学

次に、日本学術会議において長年議論されてきた「知の統合」について、「総合工学シンポジウム 2016 知の統合を如何に達成するか ―総合工学の方向性を探る―」[8]における舘暲の講演を参考に、「知の統合」の視点での重要なポイントを整理する。

先端化・細分化する科学技術と社会から期待される科学技術とのギャップの拡大に対する危機感が「知の統合」の方向性が重要であるとの認識をもたらしてきた。この危機感から、2003年に横断型基幹科学技術研究団体連合（横幹連合）が設立され、細分化された科学技術に対して横の軸・「知の統合」の重要性を訴えた活動を開始した。日本学術会議では、同様の危機感を持ち、科学者コミュニティと知の統合委員会の議論を経て、提言「知の統合―社会のための科学に向けて―」の意思表出を2007年3月22日に行っている[6]。これが、日本学術会議における「知の統合」の原点であり、「知の統合」に関する重要な概念が提案された。そこでは、学術研究を社会的な価値を生み出すために社会から付託された知的活動であると定義し、知がより有効に社会に資するためには科学者コミュニティが何をなすべきかという観点から「知の統合」を扱っている。これは、1998年にWilsonが著書 *Consilience: The Unity of Knowledge* の中で、Snowによる「専門化された異なる知識の統合」を *consilience* (知の統合) という用語で還元的に説明したものと異なり、日本独自の立場を表明したものとなっている。

その後、総合工学委員会の中に「工学基盤における知の統合分科会」を設置し、継続的に検討を重ねてきた。その議論に基づいて「知の統合」を改めて定義すると、「異なる研究分野の間に共通する概念・手法・構造を抽出することによって、それぞれの分野

の間で知の互換性を確立し、それを通してより普遍的な知の体系を作り上げること」となる。一方、「知の総合」は「製品・ソリューションの形で結晶した異分野の協業」と捉えることができ、単なる異分野融合の強化では「知の統合」が成し遂げられないという認識に至っている。この認識のもと、知の統合の方向性を強化するためには、普遍的な知の体系を作り上げるためのメタな学問体系・技術体系としての「知の統合学」が必要であり、そのためにどのような組織を作り、どのような方法を持ち込むべきかについての早急な検討と具体化が望まれる。

一方、「知と技術と社会の統合」は、世界のトレンドとなりつつある。米国では、イノベーションの実現には、分野を超えた越境的アプローチを理解し、学際的な考え方ができる holistic designers（全体論的または総体的デザイナー）が必要不可欠であるという認識に至っている。具体的には、2014年5月7日に米国学術研究会議が、「ブレークスルーを引き起こし、学問の壁を越えて横断的な問題解決を図る知の統合研究を支援する全国レベルでの協調が必要」という緊急提言を行っている。そこでは、知の統合研究を、生命科学、科学、工学などの学問領域の壁を越えてツールや知識を統合するものとし、知の統合研究はイノベーションを加速し、社会の課題解決に取り組むのに役立つが、これまで以上に大規模な協調が必要であり、これまで学問分野ごとに研究を組織してきた研究機関にとってカルチャー転換が必要であると指摘している。また、知の統合への努力を支援するための戦略として、①共通のテーマ、課題、科学的挑戦に取り組む研究組織やプログラムの設立、②分野横断的なクラスタでの研究者の雇用、③知の統合への関与を昇進やテニユア獲得プロセスに反映すべきと述べている。さらに、NSF 長官 France Córdova は2016年5月6日に米国科学審議会（NSB: National Science Board）の理事会において NSF の将来に向けた方針として、「知の統合はディシプリンを持った研究者を招集しグランドチャレンジに挑ませる新しい考え方である」とし、知の統合研究推進のために、評価基準の根本的な見直しに着手すると述べている。

EU においても地球規模の課題に対応するため、これまでの価値観とは異なる新しい知の創造の必要性が叫ばれている。各国レベルの取り組みもあるが、EU のプログラムである Horizon 2020 では、研究の成果をイノベーション、経済成長、雇用に結び付けることを目指している。第一優先の卓越した科学支援では、新しくかつ有望な分野の連携研究が強調され、第二優先の社会的課題への取り組み支援では、7つの課題が抽出され、分野間の共同研究が奨励されている。

日本における「知の統合」に関する議論は継続的に行われてきているものの、残念ながら具体的なアクションとしては十分なものとはなっていない。日本学術会議第23期の「工学基盤における知の統合分科会」では、特に①知の統合人材の育成、②知の統合人材評価システムの構築、③知の統合に関する研究・人材育成・社会実装を担う組織体制の構築の3項目に焦点を当て、知の統合の推進に向けた報告を行っている[10]。

(3) 総合工学の特徴とカテゴリー

第20期に総合工学委員会が発足するにあたっては、伝統的な学術分野との対比にお

いて、「学際」や「複合」というキーワードを手掛かりに「統合工学」の位置づけが語られ、さらに「知の統合」との対比の中で語られてきた。しかし、第1章に述べたように、2011年3月11日に発生した原子力発電所事故とそれに起因して発生した放射能汚染被害の防止・軽減において機能したとは言えない[5]。現代社会の複合化した課題の解決に向けて、いま改めて、「総合工学」の特徴を整理し、最大限に活用すべく強化推進することが必要となっている。これまでの議論を整理すると、「総合工学」には次に述べるような複数の特徴を有する分野が含まれている。

① 総合工学カテゴリー1：総合システム志向型

第一に、トップダウン的であり、対象となる総合システムに対して、既存のディシプリンを組み合わせて融合し、それらを設計し、それらを活用して社会的課題解決を図る総合工学分野がある。これをカテゴリー1、総合システム志向型と名付ける。これには船舶海洋工学、航空宇宙工学、原子力工学、エネルギー・資源工学などが含まれる。このカテゴリーでは、時代の要請や科学技術の進歩によって新しい総合システムが生まれてくれば、それが新しい総合工学分野を生み出すことになる。また、このカテゴリーでは、対象となる総合システムの課題解決に向けて必要となれば、どのような新しい学術領域でも取り込むという特徴を有する。

日本学術会議総合工学委員会巨大複雑系社会経済システムの創成力を考える分科会によって2008年6月26日にまとめられた提言「巨大複雑系社会経済システムの創成力強化に向けて」[11]、および2011年8月2日にまとめられた報告「巨大複雑系社会経済システムの創成力強化－科学技術駆動型イノベーション創出力強化に向けて－」[12]では、「インターネットに代表される人工物ネットワーク、原子力システムや宇宙システムなどの巨大人工システムは、空間的ないし物理的ないし社会的広がり巨大であり、その中に内包される多数の要素の相互関係が複雑であり、かつ、その性能と信頼性は社会や経済に多大な影響を与える。このようなシステムを巨大複雑系社会経済システムと定義し、その創成力強化が国を挙げた科学技術創造活動の成果を、真の社会経済価値創造に結実させ、もって社会へ還元させるために重要である」と述べられた。さらに、そこでは人工システムを、それを取り囲む環境とその目的という視点から、次の三つのクラスに分類した。

■クラス I： 完全情報問題

目的および環境に関する情報が観測者にとって既知であり、問題を完全に記述できる。このクラスの問題では、最適解探索が中心課題となる。

■クラス II： 不完全環境情報問題

目的に関する情報は既知であるが、環境に関する情報が観測者には予測できず、問題を完全に記述できない。このクラスの問題では、環境の変化に応じて適応的解探索が中心課題となる。

■クラス III： 不完全目的情報問題

環境ばかりでなく、目的に関する情報も観測者には予測できず、問題を完全に記述できない。このクラスの問題では、目的も同時に定めていく必要がある共創的解探索が中心課題となるため、「共創的解探索」を強調することが重要である。

巨大複雑系社会経済システムは、クラス II あるいはクラス III としての特性を有する。ただし、システム創成の初期段階から、クラス II ないしクラス III としての特性を持つインターネットのようなシステムもあれば、設計当初あるいは運用当初はクラス I のシステムとして構想され、設計・運用されたにもかかわらず、後天的にクラス II あるいはクラス III としての特性を帯びる原子力システムや宇宙システムのようなシステムもある。このような特性を有するシステムを創成し、その社会経済的使命を果たすには、その特徴を十分に斟酌した創成力が必須である。

したがって、カテゴリー 1 の総合工学は必然的にクラス II、III の特徴を有する巨大複雑系社会経済システムも対象の一つとすることになる。

② 総合工学カテゴリー 2 : 基盤ディシプリン拡散型

第二に、ボトムアップ的であり、複数のディシプリンにまたがる知識・技術を結集して社会的課題解決にあたる総合工学分野がある。これには応用物理、化学工学、計測などが含まれる。物理学と応用物理学を例にとり、それらの類似点と相違点を考えてみよう。両者に共通する基盤ディシプリンは物理である。しかし、物理学は純粋に理学であり、それが何に役立つかは評価の対象ではないし、目的でもない。すなわち、伝統的科学としての物理学は知的好奇心に導かれるものであって、個別の真理の探究である。その探求の結果として法則を導出し、法則群が自然と整合的な知識体系を構成する。その成果の評価は科学者自身が行う閉じた世界である。一方、応用物理学においては、研究の動機として少なからず社会的価値へのつながりが意識される。また、社会的価値を追求する過程において必要となれば、物理を基盤としつつもそこに異分野のディシプリンが活用され総合化される。また、そこから新しい知識や技術が生まれてくる。その結果、物理を基盤としつつ、社会へのかかわりの遠近によって、物理、応用物理、電気電子工学等、という学術分野の分化が起こる。

③ 総合工学カテゴリー 3 : 総合工学のコアディシプリン型

第三に、「総合」や「統合」というプロセス自体や「総合」を通して生じる対象に関する性質や知識、技術を扱う学術分野がある。複数の個別要素から構成させるシステムは、そこに含まれる個別要素の性質や要素間の関係性に依じて、非線形で極めて複雑な応答を示すことになるが、それを対象とするシステム工学は、総合工学のコアの学問領域の一つということができる。ただし、システムはどのような学問分野にも存在し、たとえば機械システム、生体システム、社会システムのように様々なシステムが考えられる。したがって、システム工学は総合工学の特性を扱うコア学術分野の一つに過ぎない。しかしながら、カテゴリー 1 において議論したように、総合工学に

において扱うシステムは多くの場合巨大で複雑であるため、特に「巨大複雑システムを扱うシステム工学」が、総合工学のコアの学問領域の一つであるといえることができる。

④ 総合工学カテゴリー4：分野横断型

第四に、極めて多様なディシプリンや対象にまたがる横断的学術領域がある。これには、安全・安心・リスク学、計測、制御、計算機科学、計算科学・シミュレーション、サービス工学などが含まれる。安全・安心・リスク学は、すべての人工物や人工システム、自然システムと人間などの生物との関係性の中で大変重要な役割を担う学術領域である。同様に、制御工学は様々な学問領域や産業分野に共通の科学技術であり、特に近年高い注目を浴びている Cyber Physical System(CPS) や Internet of Things (IoT) において情報空間から実世界への適切な働きかけを担う重要な分野横断的学術領域である。計算科学、シミュレーションは、コンピュータの発達とともに生まれてきた学術分野であり、実験、理論に続く第3の科学としての学術上の立ち位置を有している。また、サービス工学はもの・コトと人間を繋ぐサービスを扱う学術領域として近年新しく生まれてきた分野である。このカテゴリーの総合工学は、ほとんどすべての学術領域、すなわち理学・工学の他の学術領域のみならず、それを超えて人文科学と社会科学の学術領域にも広がってきている。

以上では、総合工学に含まれる学術領域を4つのカテゴリーに分類したが、総合工学のある特定領域に着目した時に、いずれか一つのカテゴリーに明確に分類できるケースは稀である。多くの場合、総合工学の中の各学術領域は、複数のカテゴリーの性質を有しているし、さらには、たとえばカテゴリー1や2の中にカテゴリー3や4が取り込まれて存在するというような重層構造を有している。このことが、基盤ディシプリンに基づく基盤学術分野と比べて、総合工学の一般的理解や把握を難しくしていると言える。これは、第4章以降に述べるように、基盤学術分野に比べて、総合工学における学術領域の評価や人材育成をもより難しくする。しかしながら、翻って、複雑化する現代社会を取り巻く課題に向き合うと、カテゴリー1から4の特性とそれらの連携・総合化こそが、その解決策を模索する上で必須のものとなっている。そうした特徴を意識した戦略的な総合工学の強化推進の取り組みが必要である。

第2章(2)に述べたように、「知の統合」は、「異なる研究分野の間に共通する概念・手法・構造を抽出することによって、それぞれの分野の間で知の互換性を確立し、それを通して普遍的な知の体系を作り上げること」である。それに対して、総合工学に含まれる学術領域は、いずれのカテゴリーに属していようとも、それぞれの特有の駆動力によって広い分野間の学問の連携・融合を促すことにより、新しい学術領域の創成や社会で求められる技術、価値、さらには概念を作り出すという有用な役割を担っている。そのような観点から総合工学は、工学分野を起点として「知の統合」を生み出す揺りかごであるといえることができるだろう。

3 社会の声を聞き、工学に取り込むために

(1) 社会的期待把握の必要性和難しさ

第2章(3)に述べた総合工学のいずれのカテゴリーにおいても、総合工学は「社会的期待」を必ず担っており、その成果は社会によって判断される。第2章(1)で述べられたように、総合工学によって技術的にいかに良いものを作っても、社会に受け入れられるかどうかはわからない。新しいシステムを創る人々は、社会が何を求めているかを深く知る必要がある。ただし、改めて考えると「社会的期待」を的確に捉えることはなかなか難しい。大多数の人々が合意していると思われる豊かさ、環境、安心・安全は可視的な期待である。しかし広く言及されていても、合意が成立していない例もある。

総合工学カテゴリー1の総合システム志向型を例にとると、社会的課題に照らして、その解決に向けてどのような理論や技術が役立つかを考え、研究開発に取り込むことが求められている。産学官連携は社会の諸問題を認識できる重要な機会であり、総合工学の中でも重要な役割を果たしている。しかし、それだけでは偏った課題認識となりかねない。国や企業の視点から見た社会の課題だけではなく、社会や市民との直接的な対話を通して諸課題を認識する姿勢が大切である。そのために総合工学においては、工学的視点に立ちながら社会や市民と対話し、コミュニケーションを図るための研究や技術開発が重要である。しかしながら、このような視点から総合工学の現状を考えると、最も不足しているのは俯瞰的な視野に立ち、社会や市民との対話を通して工学的な視点から社会の諸課題を捉え、解決策を模索する研究者である。このような研究者が独立した形で存在するというよりも、総合工学の観点で研究する研究者には必要な要素と考えるべきである。なぜなら、社会や市民との対話が直接研究の質を上げ、社会的課題の解決につながるからである。ただし、このような立場からの研究活動は、学術的な論文誌では高く評価されづらいことも、この要素が発展しにくい一因であると考えられる。

(2) 総合工学として求められる対応

それでは、社会のニーズをくみ取るために、また、社会の声を聞くために、総合工学はどうすればよいだろうか。2016年7月20日に開催された総合工学シンポジウム[8]において、喜連川優氏は、社会のニーズをくみ取るための情報技術(IT)及びITを含む情報通信技術(ICT)の有用性とその課題について次のように述べた。

たとえば、医師が一万以上の疾病に関する知識を理解して正確に記憶するのはほぼ不可能であり、ICTシステムが医師をサポートするシステムが広く開発されてきている。得られた知を整理整頓する意味でコンピュータは大きな役割を担っている。ICTは社会ニーズに常に答えようとしてきたと言える。

情報学はこれまで2つの根源的に人間が不得意な領域において社会的期待に応えてきたと考えることが出来る。即ち、人間に比べて無限ともいえる計算能力と記憶能力である。忘れることのない超記憶力と、瞬時に複雑な計算をこなす演算能力は人間を補完するものであり、コンピュータは過去おおむね100万倍の能力向上を達成してきた。ただ、同時に、セキュリティーや過度のパーソナライゼーションなどが課題となってきている。たとえば、

情報漏えいやフィッシングなど日々報道されないことがないほど大きな社会的課題となっており、また、スマートフォン時代においてアプリの使用状況を捕捉してユーザのプロファイリングを精緻に行い、過度なパーソナライズ化がなされ必要な情報を提供するビジネスモデルへと変化してきたが、その結果、提供される情報が非常に狭い領域となりバイアスされてしまうという新たな課題も出てきている。ダークサイドに注意しつつ、そのパワーを活用することにより社会を変革することへの挑戦が多様な分野で進んでおり、益々加速されていると認識している。即ち総合工学においても ICT の役割は重要と考える。

また、ICT を使って異なる分野同士の融合を加速させることについては、日本学術会議において Science2.0 と呼ばれるオープンサイエンスの取り組みが議論されている[13]。オープンサイエンスを実現するためには、研究分野を超えた研究データを管理するためのデータプラットフォームを作ることが肝となる。これまでの研究は最終成果としての知のレベルでコミュニケーションしようとしてきたが言葉のレベルでは伝えきれない多くの困難があったと言える。しかし、ICT の進展により紙からデジタルに進展し出版コストが大きく低廉化可能なチャンスが訪れ、データによる成果の表出が実現味をおび、しかもデータの共有が更なる多くの研究成果を生み出す源泉となることが広く認識されてきた。その進展は著しく、理学も工学もデータ基盤が大切になりつつあり、「知の統合」を加速するためにはデータの果たす役割が大きい。新たな潮流として、個々の分野のデータによる個別分野の強化だけではなく、ICT を媒介として異分野の領域が融合することが期待されるが、それを実現するべくデータのプラットフォームをどのように構築するかは、必ずしも明らかではない。とりわけ使う研究者の洞察に大きく依存すると言える。一定程度の社会の課題は ICT のオブザーバビリティによりデータから補足、解決可能なところもあるものの、新たな発見にはまだまだ研究者の介在が必須である。データを中心とする方向感は今世紀において科学の必然的方向と考えられ、今後の更なる飛躍的進展が期待されるところである。

(3) 東日本大震災における事例から学ぶ

同じ総合工学シンポジウムにおいて似田貝香門は、東日本大震災からの復興における足湯空間の発話分析を例として、社会的ニーズの汲み取りに関して異なる課題を提起した[8]。

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の後に、新しい社会を作る構想力としての復旧・復興プロセスにおいて、科学的、技術的観点から復興計画を練り実現を図る理系の人間と住民の間には大きな隔りがあり、人文・社会科学の人間が入るのが大切ではないかと議論し、足湯空間のボランティア活動に参加しそこにおける発話を分析した。当初は足湯空間を東洋医学の医療的効果と考えていたが、実施してみると利用者が心にとめた思いをつぶやく場でもあることがわかった。2,000 人のボランティアが書き取った 16,000 ケースの発話記録は偏りのある特殊なデータであるものの、被災地に暮らす方々から出てきた重みのあるデータであった。これを書き留めたものが一つの成果となった。データ入力をしていると、今この人はどうなったかという感情を持つようになり、それが現場から出された声として認識し、現場に戻し、個をケアするような取り組みにつながっていった。同

時に時系列な変化についても着目した結果、1年半もの間、心の問題を抱えた苦しみが変わらないことがわかり、それをケアの仕組み作りに活かすことになった。以上の経験から、足湯空間とはどのような空間であったかを考えてみると、専門家でなく、素人のボランティアが足湯というサービス行為を行ったからこそ、被災地に暮らす人々とのコミュニケーションが成立した。これは単なる東洋医学的な効果ではなく、第一次的なケアの要素であった。ただし、ボランティアは専門的なケアができないので、ケアは専門家に任せなければならないところであるが、専門家は必ず縦の組織に属しているため、被災地で様々な活動が行われたものの、横のつながりがなく効果的なケアに至ることが少なかった。活動実践の場において、専門知だけが個別に入っても役に立たないため、共通の目的を達成するための社会的な仕組みが必要であり、ここに総合工学的アプローチが必要と言える。

また、異分野協働のワークショップで心の問題を分類したところ別の課題が見えてきた。社会学においては、震災後の社会的な自立がテーマになりがちであるが、震災後はまず心の自立ができていないため、社会的に自立できない結果となる。ケアという行為が心の自立と社会的な自立を繋げることができるが、社会学がテーマとしていた自立は非常に狭い分野の社会的自立であって、人間一人ひとりの観点から見ると心が自立していることが前提となる。足湯空間での発話行為は心の自立の前兆であって、科学者はこの発話をしっかり受け止めなければならない。現場で支援活動をするボランティアの人たちと、科学者の専門知・学問知が組み合わせることで効果を上げる結果となった。臨床心理であれ災害看護であれ、専門家集団は顕在化した問題だけを対象とするが、専門知だけでは限界を持っているが、この研究の分析では潜在的に心の病を持ったつづやきを分析することで総合的な解決を発見した。専門知は縦の知識であり、実践的なテーマを見つけ出して他の分野と協働することが要請される。単に機械的に組み合わせるのではなく、越境のダイナミズムを持ち、専門領域を超えるところにパートナーである別の領域がないといけないということを強く意識しないと連携できない。さらに、実際の支援団体の経験知と我々の専門知を結びつけて現場で実践知に変えていくともっと広がりが出ていくのではないかと考える。

社会的課題に総合工学が立ち向かう時に、社会的期待をくみ取るには、全体的な視点とともに、社会を構成する個別の視点からコミュニケーションすることが必要であり、さらに、社会を構成する大多数は一般の人々であるということを再認識する必要がある。すなわち、科学者が国や企業・産業界、行政・自治体という組織とコミュニケーションを行うと同時に、社会を構成する一人ひとりとのコミュニケーションを如何に行うか、という観点での取り組みが必要である。現代社会において、ICT 技術はそれを効率的に進めるための大変有効な手段であるが、同時に、ICT の持つ課題、すなわち、セキュリティーと過度のパーソナライゼーション、について十分に考慮することが要請される。

4 研究評価

社会的課題に立ち向かう総合工学の強化を推進するには、研究評価の仕組みをその特性に適合した形で構築していくことが必要不可欠である。研究評価システムに関して参考となるのは、研究評価の在り方検討委員会対外報告[14]である。そこでは、研究課題に応じた評価基準や評価の在り方、第三者評価の必要性に言及し、人文・社会系分野等を含めた多様な研究分野の評価方法の確立、研修を通じた評価能力の向上や評価人材の必要性を指摘している。その中で総合工学に最も関連する指摘は「第2章(4)融合的評価の在り方」の部分である。その議論の背景は以下の通りである。

昨今、複数の研究分野が融合することによって新規の研究分野が開拓されることがしばしばみられる。しかし、これらの融合的研究には新興分野ゆえに、研究成果の価値判断の基準が明確でない場合やニーズがいまだに顕在化されていない場合もある。よって、既存の研究分野の枠組みに基づいて構築されている評価システムのもとでは、過度に低く評価される危険性をはらんでおり、新たな研究分野の生成の芽をつまないような慎重な取り扱いが必要である。その上で、融合的研究を適正に推進していくためには、融合的研究課題の特性に即して評価基準を設定することが必要であり、かつ新たな研究分野をできるだけ熟知した評価者によって評価がなされるようにすべきである、と述べている。第2章(3)に述べられたように、総合工学の分野すべてが融合的研究を目指しているわけではないが、分野横断的な学問分野やシステム思考的研究分野に関わる多くの研究分野が含まれており、総合工学分野の強化には、既存の評価基準ではなく個々の特性に応じた評価基準を設定することが必要不可欠であると言える。

本章の最後の部分で、総合工学の4つのカテゴリーごとに具体的な評価の方法について提案する。その参考として、「知の統合」という視点でまとめられた日本学術会議の記録「知の統合への具体的な方法論と方策の提案」[15]に記載されている研究評価に関する議論の要点を紹介する。

まず、「知の統合」に向けた視点として認識すべき4つの科学技術の重心の移動、すなわち、知の細分化（要素還元型）→ 知の統合、個別技術 → 統合化技術（システムインテグレーション）、局所的視点 → 大局的視点（空間的・時間的）、もの（対象）→ コト（機能）に基づいて、

- ・短期的指標 → 長期的指標（研究の時定数）
- ・数値的指標 → 非数値的指標（研究成果の価値、見えないもの評価）

の2つの評価指標のシフトの必要性を指摘している。その上で、「統合化」の本質はそれを実現する重要な概念・原理であり、結果だけではなくそのプロセスにも大きな価値があるという認識の重要性を強調している。この視点で参考になるのが、米国国立科学財団（NSF）において2つのメリット評価（Intellectual Merit: 知的価値、Broader Impact: より幅広いインパクト）に加えて最近導入されてきている「Transformative Research（変化させる力を持つ研究）」という概念である。これは、既存の分野に大変革を起こしたり、新しい

研究領域を生み出したり、パラダイムシフトを引き起こしたり、発見を支えたり、抜本的に新しい技術を導いたりする研究、と定義されている[16]。すなわち、研究の評価指標として「展開性、波及効果、相乗効果」の項目を設定し、その比重を大きくすることが「知の統合推進」に向けた研究を奨励することにつながると主張している。さらに、その実現に向けては、研究組織の多様性の重要性も指摘している。

この指摘は対外報告[14]における「挑戦的な研究課題についての評価」の指摘と整合するものである。すなわち、研究者の研究業績が、数値的指標（研究論文数・被論文引用件数、インパクトファクターなど）による評価でなされる傾向が増大する中で、研究者は短時間で確実に論文を執筆できる研究内容を実施する傾向にある。また、社会的課題解決に向けた研究についても、着実に成果が得られる可能性がある研究課題が選択され、推進される傾向がある。結果として、社会を変革するような革新的な研究業績はこのような環境下で創出されるのは極めて難しいと推察される。このような現況において、失敗が結果として許される挑戦的な研究課題の新たなプログラム施策の設定、それに加えて、多様な視点でプロジェクト成果のプラスの面を積極的に評価することの必要性が述べられている。

先にも述べたように総合工学の分野すべてが融合的研究を目指しているわけではないものの、分野横断的な学問分野や社会的課題へ向けた新しい研究分野につながる多くの研究分野を含んでおり、社会的課題に立ち向かう総合工学の分野の強化を推進するには、既存の評価基準ではなく個々の特性に応じた評価基準を設定することが必要不可欠である。

総合工学を推進していくために明らかに必要なことは、多くの科学技術分野で研究や研究人材の評価手段としている確立したディシプリンに基づく評価とは、まったく異なる評価システムを構築することである。その大きな方向性は、短期的な指標から長期的な指標へ、数値的指標から非数値的な指標へのシフトである。しかし、この2つのシフトを直接的に実現することは容易ではない。そこで[10]では、結果としてこれらのシフトが実現される具体的な新しい評価システムを以下の3つの視点のもとで提案している。

- 1) 「知の統合」の推進には複数のディシプリンの様々なインタラクションが必要であり、単一のディシプリンでの評価では扱いきれない
- 2) 「知の統合」が求める価値は特定の分野に限定された価値ではなく、社会に何らかの変革をもたらす社会的・経済的価値であり、学術的にはそれを生み出す方法論としての新しい学問分野の創出に価値がある
- 3) 社会変革をもたらす社会的・経済的価値を起点とするトップダウン的な研究が主流であり、確立したディシプリンを起点とするボトムアップ的な研究とは大きく異なる

これらの3点を念頭に、「知の統合人材」の育成に向けた具体的な評価システムの重要な2つのポイントとして、以下を提案している。

1つは、知の統合推進に向けた研究分野リストの作成と更新である。新しい学問分野として期待される可能性のある学問分野の表を作成し、それを頻繁に（できれば毎年）更新していく委員会を設置することが有効と考えられる。

もう1つは研究成果ではなく、研究プロセスを評価する評価システムの確立である。プロジェクト研究での各研究人材の役割を評価する具体的評価項目の作成と「知の統合」に向けた学術の評価で重要となる展開性・波及効果・相乗効果と「知の創造プロセス」の柔軟性・多様性・普遍性に関する評価法を確立することがより重要である。

以上の議論も参考に、総合工学が工学分野を起点として「知の統合」を生み出す揺りかごであることを念頭におけば、総合工学の研究評価は、第2章(3)に述べられた4つのカテゴリによらず総合工学分野全体に共通する項目と各カテゴリ特有の評価項目に分けて考えることができ、それらを以下のように提案する。

総合工学のすべてのカテゴリに共通する特性は、一つのディシプリンに基づいた学術領域を究めていくような研究スタイルではないという点である。すなわち、社会的課題の解決を意識して、複数の分野にまたがる学術領域において、新しい科学技術の発展を目指す研究スタイルである。したがって、4つのカテゴリに共通に重要となる研究評価は、以下の2つである。

1つ目は社会的価値に基づく研究評価である。社会的課題解決に向けて、その本質が何であるかを見極めた上で適正な研究が遂行されているかが重要である。よって、(i)社会に与える価値を明確にした上で、適切な研究課題設定がなされているか、(ii)その上で合理的な研究アプローチがなされているか、の2点を最重点評価項目とし、直接的・短期的な成果を過度に求めることはしない。

2つ目は分野融合の視点での研究評価である。単一の学問分野での研究では解決できない様々な問題がある。分野融合はそのような課題解決に必要ではあるが十分ではない。単に複数の分野の融合ではなく、(i)異なる分野の融合をどのように展開しようとしているか、(ii)その融合により、どのような新しい研究領域を創出しようとしているか、の2点が重要であり、これらを実評価項目として明確に設定する必要がある。

米国 NSF での2つのメリット評価、Intellectual Merit (知的価値) と Broader Impact (より幅広いインパクト)は、上記の2つの研究評価に対応している。更に、Transformative Research (変化させる力を持つ研究)はより大きな変化を評価するものであり、したがって、NSF での3つのメリット評価を参考に日本版を作成することが必要である。

さらに、上記の共通の評価項目に加え、各カテゴリ特有の評価項目は以下の通りである。

① カテゴリ1「総合システム志向型」特有の評価項目

総合的な大規模システムを構築するためには、様々な研究分野や技術領域における科学技術の整合を取った形で繋げていくことが必要不可欠である。したがって、複数の領域を繋げる研究が非常に重要であり、その貢献を適切に評価していく必要がある。

② カテゴリー2「基盤ディシプリン拡散型」特有の評価項目

基盤ディシプリンに基づいて、社会的課題解決に向けた新しい学問領域を創出していくことが重要であり、それに向けた挑戦的な研究を適切に評価していく必要がある。

③ カテゴリー3「総合工学のコアディシプリン型」特有の評価項目

このカテゴリーの研究に期待されるのは、社会的課題解決のためのシステム化技術の確立であり、そのためのツール開発やプラットフォーム構築が望まれている。したがって、それらの成果を社会的価値として評価する必要がある。一方、社会的価値は長期的な視点で評価する必要があるので、その研究のプロセスを適切に評価することが大切である。

④ カテゴリー4「分野横断型」特有の評価項目

分野横断型研究分野の貢献は、異なる研究分野や技術領域に共通する概念や手法を提案することにより、広い分野への共通展開の促進が可能となることである。また、複数の分野を対象とする研究を通しての新しい研究領域の創出が求められている。したがって、個別の社会的課題に対する直接的な研究成果のみではなく、抽象化したレベルでの学術の深化による展開性・波及効果・相乗効果を適切に評価する必要がある。

5 人材育成

次に、総合工学を担う人材の育成について考える。総合工学においては、複合化する社会の諸課題を客観的な視点から俯瞰的に捉えることができる研究者・技術者の育成が急務である。これは、現代社会の遭遇する課題の解決に必要な人材育成ということもできるため、国を挙げて様々な取り組みがなされてきているものの、十分なレベルには達しておらず、総合工学の特性を考慮した人材育成システムを構築していく必要がある。以下、(1) 大学における人材教育と(2) プロジェクトを通しての人材育成に分けて、目指すべき方向を明らかにしていく。

(1) 大学における人材教育

大学における人材教育の例として、現在複数の大学において進められているリーディング大学院プログラムの中のオールラウンド型の取り組みがある。これは、日本学術会議の一部、二部、三部に相当する学術分野の教育を総合的に行う取り組みであるといえる。あるいは認識科学と設計科学を連携した教育の取り組みということもできる。そこで行われている取り組みは次のようにまとめられる。

第一は大学院教養教育のような観点からの人材育成である。ここでは、必ずしも知識が豊富であることを意味せず、他者との関係、社会との関係、時間との関係から自分の専門分野を相対化する能力の育成を目指している。第二はコミュニケーション力の涵養である。語学でなく、異なる分野、価値観の多様な人と交わり議論する能力の育成を目指す。第三はグループ形式での実践であり、プロジェクト形式の科目となる。第四は文理ダブルメジャーやヤングメンターによる異分野経験である。第五は、解決すべき課題を発見し、見極め、問題を設定し、解決する力の養成である。ここでは分野にまたがる横串だけでなく、時間的な縦串を指すことによって本当に大事な課題を見つけ出すことが要請される。具体的には、複雑で利害が相反するセクターが関わる課題や、時間的な制限がある課題であって、しかも正しい解がない課題を調整して、一定の最適解を提示できるような人材、自分で問題を解決するだけでなく全体を企画できる人材を養成することが目指されている。たとえば言うならば、政策立案、政策を実際に進めていくドライバーズシートに座らせる人材の育成である。

一方において、このような人材育成の取り組みに対して、次のような問題提起もなされている。すなわち、総合工学的な人材は、特定のディシプリン分野で研究を進める人材と比べて、先端性や新規性等の観点からの成果が明確となる学術論文が書けない、従来の評価基準のままであれば、社会的ニーズと学術分野における評価の乖離によってある意味でジレンマに陥るのではないかという問題提起である。同時にこのことは、社会の真ただ中で日々社会的課題に直面する企業が実際に欲する人材と、大学が育成を目指す国際的な学術環境において競争力を有する人材の間に大きなギャップが存在するということでもある。別の言い方をすれば、産業界では市場に着目するが、そうした市場を中心とした現実世界を直視したときの価値と、大学を評価するときの価値に大きな隔たりがあるということでもある。総合工学がディシプリンに基づく基盤学術分野より

もより社会的課題に立ち向かう学術領域であるとするならば、基盤学術分野向けに設定されたルールに従って、1プレーヤーとしてルールに従うという立場ではなく、社会的課題解決に立ち向かう総合工学に即したルールそのものを自分で作り、それに向かって改善していくという視点が必要になってくる。大学ランキングに関して、論文の引用件数を評価するというのは、1999年のブダペスト宣言からすれば非常に狭い閉じた学術領域での評価であり、広く社会で評価するためのシステムを提案し実践していかなければいけない。総合工学には、工学分野で育った人材だけではなく、他の分野で育った人材も参画してくるので、そうした多様な人材が切磋琢磨し、次代の総合工学を担う人材として育っていく良好な循環を生み出すメカニズムの構築が必要である。

先に述べたように、リーディング大学院プログラムを通して、様々な分野で研究する若手人材の異分野間の融合を促進していることは事実である。しかしながら、融合の段階に止まり、高等教育全体としての知の統合はまだ不十分であり、今後ますますの協働が求められる。知の統合人材育成という視点では、以下の指摘がなされている[10]。知の統合人材の能力向上には、異なる知と出会う機会を経験することが必須である。人材の流動性を高め、分野、組織、セクターの壁を乗り越えるためにも、大学院において専攻を超えた共同プログラムや社会と連携した活動を取り入れ、大学院教育の質を向上させていくことが望まれる。また、学生や研究者が多様な場で自己研鑽に取り組むことができるように、様々な機会を提供することが必要である。

リーディング大学院プログラムはパイロット事業であり、どこかの時点で全学的あるいは全国的に広がるが必要になってくる。しかし、これをトップダウン的に続けるのかボトムアップ的に続けるのかで状況は大きく異なる。ボトムアップ的にできる仕組みがあれば続く。よい事例は出てきているものの、大学全体のムーブメントになり、様々な分野へ波及していくかはこれからの課題である。

(2) プロジェクトを通しての人材育成

総合工学、特に社会的課題解決に向けて「知の統合」を目指す人材の育成は、大学教育プログラムだけでは自ずと限界があり、大学教育を通しての人材育成を補完する人材育成の仕組みを構築することが必要不可欠である。その重要なポイントは研究の推進と人材育成の一体化であり、プロジェクトを通しての人材育成である。知の統合推進に向けた対外報告[10]では、このことの重要性を指摘し、知の統合に関する研究・人材育成・社会実装を担う組織体制の構築に関する提案を行っている。

知の統合が扱う課題は複数の科学、広範なドメインに跨る問題であり、分野横断的な知の専門家とそれを適用する固有ドメインに関する知の専門家との共同作業が必要であり、分野横断知とドメイン知の統合による新たな価値創出の枠組みが求められる。このため、以下の3つのミッションを有する知の統合推進組織の構築を提案している。

- 1) 認識科学と設計科学の連携を図り、社会の持続的発展に繋がる具体的な社会的課題に対して知の統合による解決を目指すプロジェクトを推進し、その成果をイノベーションや新たな産業の興隆につなげる

- 2) システム構築プロジェクトを通して、新たな分野横断知・方法論・ツールの創造・開発を推進し、新たに生起する社会的課題の解決にも適用可能な「知の統合プラットフォーム」の構築により、学際的・統合的・俯瞰的な学術体系「知の統合学」を確立する
- 3) 産業界、行政、並びに学术界における知の統合人材を育成する。

この中で、プロジェクトに参加した若手の研究者は、既存の研究評価基準に基づく数値的評価ではなく、以下の3つの視点の評価軸を設けることを提案している。①その人材が生み出した成果の社会的・経済的価値による評価、②研究成果を価値の創出に繋げたプロセスを重視し、利用知（どのデータになぜ着目し、データとデータをどのように結び付けたのか、どのようなモデルを作成し、解析方法にどのような工夫を凝らしたのかなど）に関する積極的評価、③そのプロジェクトを目的に沿って的確に、効率よく動かしたかという視点が必要であり、プロジェクトマネジメントと呼ばれるような組織マネジメント能力に対する評価。

(3) 総合工学分野の人材育成の要点

以上の議論も参考に、総合工学が工学分野を起点として「知の統合」を生み出す揺りかごであることを念頭におけば、総合工学の人材育成に関して4つのカテゴリーによらず全体に共通する項目は「知の統合人材の育成」で指摘されていることが当てはまり、以下の3つの視点が重要である。

① 社会的課題解決に興味を持ち広い視野での展開が可能な人材の育成

社会的な課題は複数の問題が相互に関連している。このことを意識し、広い視野を持って研究を展開する力を育成していく必要がある。ダブルディグリーはその一つの方法ではあるが、ダブルディグリーを超えて総合的に考えていく力が必要である。

② 異分野の融合を積極的に進めていく能力の育成

異分野融合を強化するためには、単なるコミュニケーション能力だけではなく、新しい展開を推進していく能力、さらには議論の結果を全体としてまとめあげる能力の育成に力をいれる必要がある。

③ 研究のプロセスを評価するシステムの確立

上記の2つの能力を育成していくためには、短期的な結果に基づく評価ではなく、(i)社会的課題をどのように認識し、どのようなアプローチで対応したか、(ii)融合的研究に対して、融合を通してどのような新しい研究領域を目指してきたか、といった研究のプロセスを高く評価するシステムを確立していくことが不可欠である。

上記の共通の視点に加え、総合工学の各カテゴリーの性質に応じた人材育成に関する重要なポイントがある。以下、それを列挙する。

① カテゴリー1「総合システム志向型」特有の人材育成の重要ポイント

社会的課題の解決に向けて、自らの専門をどう生かし、総合的な視点での研究課題が何であるかを常に追求する研究姿勢を育てることが必要。

- ② カテゴリー2 「基盤ディシプリン拡散型」特有の人材育成の重要ポイント
解決すべき社会的課題から出発し、既存のディシプリンをどのような方向で新しい研究として切り拓いていくかを常に意識した研究姿勢を育てることが必要。
- ③ カテゴリー3 「総合工学のコアディシプリン型」特有の人材育成の重要ポイント
システム統合の視点で、社会的課題解決に向けたシステムのあるべき姿を描き、それを実現するために必要な技術を整理していく能力を育てることに加え、統合的なシステムとして実現するためのマネジメント能力を育てることが必要。
- ④ カテゴリー4 「分野横断型」特有の人材育成の重要ポイント
単なる複数分野の融合という視点ではなく、社会的課題の一例を通して、その解決に向けての新しい枠組みやキーとなる新しい概念の提案など、既存の研究の枠組みを超えた研究領域の創生を意識した研究姿勢を育てることが必要。

6 提言

(1) 社会の声を聞き、工学に取り込む

科学者は、社会が何を求めているのかを深く知るために、「社会的期待」を的確に把握する努力が欠かせない。そのためには、科学者が俯瞰的視野を持ち、社会的課題に直面している市民や様々な関係者と対話しつつ、社会の課題を見いだすべきある。情報通信技術の活用はそのための有効な手段となるが、情報通信技術の持つセキュリティーや過度のパーソナライゼーション等の課題についても常に考慮する必要がある。科学・技術の論理だけではない社会的・経済的損失の概念も取り込みながら、分野横断的に進めるべきである。結果的に、社会の期待に応える工学を進めることとなる。そのためには、文部科学省は新たな学問分野として期待される可能性のある学問分野のリストを作成し、定期的に更新する委員会を設置し、新たな学問分野の創設について検討することが望まれる。

(2) 新しい研究評価基準の構築

研究評価を実施する研究費配分機関や大学等は、社会の要請や期待に応える研究開発の評価にあたっては、評価の仕組み自体をその特性に合わせて変更し、構築することが不可欠である。特に融合・複合的研究課題の評価では、新たな研究分野を多様な観点から評価できるよう、多様な分野の専門家によって評価すべきである。従来型の指標と比較して、より長期的観点が必要であり、数値化しがたいものについては到達の状態を示す等の定性的目標を設定し、詳細にその到達度を測る必要がある。重要となる融合・複合はプロセスであるため、研究プロセスそのものを評価するシステムの確立が必要である。

(3) 総合工学を担う人材の育成

文部科学省と大学は、企業、政策関係機関等と協力しながら総合工学を担う人材の育成を実現する教育制度の構築をする必要がある。真なる社会的課題を捉えその解決を図る総合工学を進めることは、現在の大学にとっても産業界にとっても容易ではない。これを実践できる新たな人材の育成には、多様な専門や環境で育った人材が次代の「総合工学」を担えるよう良好な循環を生み出すメカニズムの構築が必要である。認識科学と設計科学の連携等、具体的社会的課題に対する知の統合による解決等を産学官が一体となって進める制度を構築すべきである。

<用語の説明>

知の統合 異なる研究分野の間に共通する概念・手法・構造を抽出することによって、それぞれの分野の間で知の互換性を確立し、それを通してより普遍的な知の体系を作り上げること

知の総合 異分野同士が協業し、製品やソリューションの形で成果を生み出すこと

知の融合 融合という言葉には「融ける」という語感があるので、もとの知がなくなってしまう印象を与えるが、一度生み出された知はより普遍的な知に向かって変成変身することはあっても、他の知に溶けて消失することは考えにくい。従って、知の融合は既にある複数の知から新たな知を生み出すことを指す

<参考文献>

- [1] 後藤俊夫ほか、特集「総合工学の役割と展望」、『学術の動向』、Vol. 13、No. 7、pp. 56-79、(2008)
- [2] 矢川元基ほか、特集「総合工学とは何か」、『学術の動向』、Vol. 15、No. 12、pp. 7-57、(2010)
- [3] 日本学術会議、提言「日本の展望—理学・工学からの提言」、2010年4月5日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-tsoukai-3.pdf>
- [4] 日本学術会議、報告「総合工学分野の展望」、2010年4月5日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-h-3-7.pdf>
- [5] 日本学術会議 総合工学委員会 原子力事故対応分科会、報告「東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓」、2014年6月13日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h140613.pdf>
- [6] 日本学術会議 科学者コミュニティと知の統合委員会、提言「知の統合—社会のための科学に向けて—」、2007年3月22日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-t34-2.pdf>
- [7] 日本学術会議社会のための学術としての「知の統合」推進委員会、提言「社会のための学術としての「知の統合」 — その具現に向けて」、2011年8月19日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-t130-7.pdf>
- [8] 日本学術会議 公開シンポジウム「総合工学シンポジウム2016 知の統合を如何に達成するか — 総合工学の方向性を探る—」、2016年7月20日。
- [9] 日本学術会議 フューチャー・アースの推進に関する委員会、提言「持続可能な地球社会の実現を目指して — Future Earth (フューチャー・アース) の推進 —」、2016年4月5日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t226.pdf>
- [10] 日本学術会議 総合工学委員会 工学基盤における知の統合分科会、報告『「知の統合」の人材育成と推進』、公開予定 (2017年)。
- [11] 日本学術会議 総合工学委員会 巨大複雑系社会経済システムの創成力を考える分科会、提言「巨大複雑系社会経済システムの創成力強化に向けて」、2008年6月26日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-t58-2.pdf>
- [12] 日本学術会議 総合工学委員会 巨大複雑系社会経済システムの創成力を考える分科会、報告「巨大複雑系社会経済システムの創成力強化—科学技術駆動型イノベーション創出力強化に向けて—」、2011年8月2日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-h125-2.pdf>
- [13] 日本学術会議 オープンサイエンスの取組に関する検討委員会、提言「オープンイノベーションに資するオープンサイエンスのあり方に関する提言」、2016年7月6日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t230.pdf>
- [14] 日本学術会議 研究評価の在り方検討委員会、対外報告「我が国における研究評価の現状とその在り方について」、2008年2月26日。

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-t51-3.pdf>

- [15] 日本学術会議総合工学委員会工学基盤における知の統合分科会、記録『知の統合への具体的な方法論と方策の提案』、2014年9月12日。

<http://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/kiroku/3-140912-2.pdf>

- [16] National Science Board, 2020 Vision for the National Science Foundation, NSB-05-142, 2005, p. 7.

<参考資料 1> 審議経過

「総合工学委員会」、「総合工学企画分科会」、「提言推進委員会」、「工学基盤における知の統合分科会」の各委員会で提言について審議したのでこれらを時系列に並べる。

平成 26 年

10 月 3 日 総合工学委員会（第 1 回）役員を選出、今後の進め方について討議した。

平成 27 年

3 月 2 日 総合工学委員会（第 2 回）

総合工学の歴史、包含する分野と意義、これまでなされた総合工学シンポジウム、2010 年の学術の動向「総合工学」とは、総合工学の夢ロードマップ、そして、総合工学の象徴的な分科会である「工学基盤における知の統合分科会」の成果を参考に総合工学の進むべき方向について討議した。

6 月 3 日 総合工学企画分科会（第 1 回）

役員を選出、今後の進め方について討議した。

10 月 29 日 総合工学企画分科会（第 2 回）（第 2 回）

工学改革を巡る内外の政策動向について話題提供いただき、総合工学委員会の進むべき方向について討議した。

平成 28 年

1 月 6 日 総合工学委員会（第 3 回）

総合工学委員会から提言を提出すべく配布されたシンポジウムのたたき台を基に討議した。

7 月 20 日 総合工学委員会（第 5 回）

当日開催の公開シンポジウム「総合工学シンポジウム 2016」後の活動として提言を出すべく活動することを確認しあい、提言骨子案について討議した。

10 月 26 日 総合工学企画分科会（第 3 回）

提言の構成について討議した。

12 月 2 日 総合工学委員会 工学基盤における知の統合分科会（第 3 回）

「知の統合推進小委員会」から「報告(案)」が出され、どのように、総合工学委員会から提出予定の提言に反映させるか討議した。

平成 29 年

3 月 14 日～21 日 総合工学委員会（第 6 回・メール審議）

提言「社会的課題に立ち向かう「総合工学」の強化推進」について承認

8 月 17 日 日本学術会議幹事会（第 250 回）

提言「社会的課題に立ち向かう「総合工学」の強化推進」について承認

<参考資料2> シンポジウム開催

総合工学シンポジウム 2016

知の統合を如何に達成するかー総合工学の方向性を探るー

開催趣旨：昨今、新しい知の創出に文理融合、複合領域融合の重要性が指摘されている。

その困難さは単純ではなく共通の認識であるが、既に部分的に達成されているケースもある。第1部の講演では、知の統合にいかなる意義があるのか、それらはいかにして達成されるのか、残された課題は何かを学び共通の認識とする。第2部では、これらの共通認識をもとに、総合工学の目指すべき方向について各パネリストが語り、討議を行う。

日時：2016年7月20日（水） 13:00-17:00

場所：日本学術会議講堂

プログラム案：

開会あいさつ 花木啓祐（日本学術会議副会長、東京大学大学院工学系研究科教授）

13:00-13:10

第1部

1 基調講演 構成科学としての工学（設計科学） 吉川 弘之（JST 特別顧問、栄誉会員）

13:10-14:00

趣旨：2010年7月に学術会議において、第1回総合工学シンポジウム「総合工学とは何か」が学術会議総合工学委員会主催で開催され、ここで吉川氏には特別講演をいただいた。また、その年の12月には、学術の動向においてこのシンポジウムの内容が特集として生まれ、ここでは「総合工学とは何か」というタイトルにて、総合工学の必要性、科学領域の成立、不可逆性の克服について執筆いただいた。この時から東日本大震災を経て5年が経過した今、総合工学の意義とその抱える課題を考えるために、構成科学としての工学及び設計科学について講演いただく。

2 「知の統合」と「知の統合学」をめざして 舘 暲（東京大学名誉教授） 14:00-14:30

趣旨：細分化して事象の本質に迫ることが科学の有力な方法である一方、細分化された知を再び統合してゆく「知の統合」は、科学自体の新たな発展のための要請（内的要因）からだけではなく、社会のための科学という社会からの要請（外的要因）に応えるためにも必要となっている。一方「知の統合」が普遍的な知の体系を作り上げることであれば、そのためには、作り上げるための学術体系、技術体系が必要であることは明らかである。普遍的な知の体系を作り上げるための方法論や方策論などが「知の統合学」であり、「知の統合」は、究極的には、そのメタな学問体系といえる「知の統合学」をも目指しているといえる。日本学術会議で取り組んできた「知の統合」と「知の統合学」に向けて

の取り組みを概観し、これからの進むべき道を探る。

- 3 情報学から見た工学分野の融合について 喜連川 優（国立情報学研究所所長、会員）
14:30-15:00

趣旨：パラダイムシフトの大きな要因となった情報通信技術を牽引した情報学の観点から、電気や機械分野をはじめとする工学分野の変化及び各分野の融合はどのように映るのか、他分野から見た視点で知の統合を考察する。

休憩 15:00-15:15

- 4 東日本大震災後の被災地支援研究 似田貝 香門（東京大学名誉教授）15:15-15:45

趣旨：東日本大震災における被災地支援として、足湯ボランティアを実施してきた。学生らが中心となり、足湯の間に被災者が口にするつぶやきを記録し、延べ16,000人のおつぶやきを収集した。被災者の本音を引き出し、今後の支援のあり方を研究した結果を紹介する。本研究は、課題解決を目的とした研究において知の統合が必要となり実施した事例として、紹介する。

第2部—パネル討論 15:45-16:55

パネリスト：奥村 次徳（東京都立産業技術研究センター理事長、連携会員）

リーディング大学院“オールラウンド型”の成功事例から

大倉 典子（芝浦工業大学教授、連携会員）

かわいい人工物の系統的解析の視点から

狩野 光伸（岡山大学大学院医歯薬学総合研究科教授、特任連携会員、

若手アカデミー副代表）医工連携及び文理融合プロジェクトの経験をもとに

瀬山 倫子（NTT先端集積デバイス研究所主幹研究員、連携会員、若手

アカデミー委員）ICT向けものづくり産業の視点から

閉会挨拶 16:55-17:00 渡辺美代子（JST 副理事、会員）