

D&S 年次技術活動報告書(2020 年度)

技術委員会 2022 年 1 月 17 日

委員(敬称略):妻屋彰(委員長)、木下裕介(幹事)、泉井一浩、加藤健郎、古賀毅、坂本博夫、下村芳樹、柳澤秀吉、山崎美稀

1. 序文

2020 年度(第 98 期)は、新型コロナウイルス感染症の世界的な流行のため人的、物質的交流に大きな影響が生じた年となった。対面での交流が大幅に制限された状況によりコミュニケーションが質と量ともに不足し、人びとの孤独感や不安感が増長された。一方で、オンラインによる活動はオンライン会議やビデオ通話、リモートワークなど急速に浸透し、デジタル技術も活用に拍車がかかる一年となった。今季の技術委員会では、新型コロナウイルス感染症の影響を含む、社会の潮流を踏まえた D&S 部門に関連する分野の中長期的な方向性・見通し、ならびに、D&S 部門のあるべき姿について議論した。本技術活動報告書では、D&S 部門における主要技術分野(デザイン科学、最適設計、サービス工学、ライフサイクル工学)の活動動向を概観するとともに、上記の技術委員会メンバーによる議論の結果についてまとめる。

2. 部門の活動実績

2-1 講演会

1) 2020 年設計工学・システム部門講演会 (<https://confit.atlas.jp/guide/event/dsdconf20/top>)

2020 年 11 月 26～28 日にかけて、第 30 回設計工学・システム部門講演会が開催された。当初、会場は同志社大学の予定であったが、新型コロナウイルス感染症の影響によりオンライン開催となった。開催実績は以下のとおりである。オンライン開催となった影響によるものか、講演件数は 22.8%減となったが、参加者数は 7.3%減にとどまった。

- 発表件数: 98 件(前年比 22.8%減)
- 参加者数: 191 名(前年比 7.3%減)
- 参加者の内訳: 会員 149 名、非会員 29 名、招待 13 名
- 参加者の内訳: 大学等教育機関 161 名、公的研究機関 6 名、企業 24 名
- オーガナイズドセッション別発表件数: 表 1 のとおり

表 1 2020 年度部門講演会におけるオーガナイズドセッションの構成

大分類	オーガナイズドセッション名称	大分類別 講演発表件数
設計学・設計方法論・設計知	製品設計開発のためのモデリング・方法論・マ	7
		24

識・設計プロセス	ネジメント		
	創発デザインの理論と実践	4	
	設計とAI・知識マネジメント	9	
	創発デザインの理論と実践	4	
設計教育	設計教育	4	4
デジタルエンジニアリング	デジタルエンジニアリング	5	5
グローバルデザイン	グローバルデザイン	1	1
イノベティブデザイン	イノベティブデザイン	1	1
情報・知能・システムデザイン	情報・知能・システムデザイン	2	2
最適設計・設計における解析	設計と最適化	20	20
ヒューマンインタフェース・感性設計	ヒューマンインタフェース・ユーザビリティ	11	23
	感性と設計	8	
	楽しむ工学	2	
	Emotion と Design	2	
サステナビリティ・サービス工学	ライフサイクル設計とサービス工学	10	10
コンテスト	D&S コンテスト*4)	7	7
その他	一般セッション	1	1
合計			98

講演件数の内訳は以下のとおりである。例年同様、一般講演の多くは大学等教育機関に所属する著者によるものであり、企業等による講演は比較的少数であった。

- 講演件数: 特別講演 2 件: 一般講演 98 件(前年比 22.8%減)、
- 一般講演の内訳(筆頭発表者でカウント): 大学等教育機関 90 件、公的研究機関 2 件、企業 6 件

また、本部門講演会では、講演とD&S コンテストに加えて、以下の鼎談ならびにワークショップも開催された。

- 鼎談『改めて問う、設計工学のフロンティア』
藤田 喜久雄(大阪大), 西脇 眞二(京都大), 下村 芳樹(東京都立大)
- ワークショップ『With/After コロナ時代のリモート活動の設計 ～教育・研究の観点から～』
➤ モデレータ: 中村 匡秀(神戸大)

- ▶ パネリスト: 柳沢 秀吉(東京大), 野中 朋美(立命館大), 近藤 義広(日立アカデミー), 中村 匡秀(神戸大)

2) 1DCAE・MBD シンポジウム 2020 (<https://www.jsme.or.jp/event/20-52/>)

2020年12月10～12日にかけて、1DCAE・MBD シンポジウム 2020 がオンライン形式で開催された。本シンポジウムは、一般講演、基調講演、1DCAE・MBD に関するチュートリアルで構成された。開催実績は以下のとおりである。

- 発表件数: 25 件
- 参加者数: 159 名
- 参加者の内訳: 会員 76 名、非会員 20 名、招待 63 名
- 参加者の内訳: 大学等教育機関 127 名、公的研究機関 6 名、企業 23 名、その他 3 名
- 講演件数: 特別講演 13 件: 一般講演 25 件
- 一般講演の内訳(筆頭発表者でカウント): 大学等教育機関 6 件、企業 19 件

3) 日本機械学会 2020 年度年次大会 (https://jsmempd.com/conference/jsme_annual/2020/)

2020年9月13～16日にかけて、日本機械学会 2020 年度年次大会がオンライン形式で開催された。設計工学・システム部門による企画セッションと特別行事企画の実績をそれぞれ表 2、表 3 に示す。企画セッションでの講演発表件数 15 件(他部門との合同企画を含む)、特別行事企画 6 件(うち、基調講演 1 件、先端技術フォーラム 2 件、ワークショップ 2 件)を開催した。

なお、2019 年は企画セッションでの講演発表件数 22 件(うち、単独 7 件、合同 15 件)、特別行事企画 3 件(うち、基調講演 1 件、市民フォーラム 2 件)であり、本部門として活発な活動を続けてきているといえる。

表 2 2020 年度年次大会における設計工学・システム部門企画セッションと講演発表件数

	セッション名	関係部門	講演発表件数	同比率 (%)
部門単独 セッション	ヒューマンインタ フェース	—	3	20.0
合同企画 セッション	価値共創に繋げる 1DCAE・MBD	機械力学・計測制 御部門, 機械材 料・材料加工部 門, 流体工学部 門, 熱工学部門, 計算力学部門	12	80.0
		合計	15	

表 3 2020 年度年次大会における設計工学・システム部門の特別行事企画

分類	演題／企画名	企画件数
基調講演	急変する社会の環境的变化に対応する、持続可能な科学としての次世代設計工学の展望	1
ワークショップ	ものづくりとひとづくりの融合による新たな世界	2
	「人のため」から「自分のため」に：新しい工学を目指して	
先端技術フォーラム	バーチャルエンジニアリングにおける形状設計・計算・加工技術の現状と未来	3
	感性認知工学の新潮流とその可能性	
	Society5.0 を支える計算情報科学基盤の深化と進展	

2-2 論文誌

1) 日本機械学会論文集

日本機械学会論文集・Mechanical Engineering Journal, Mechanical Engineering Reviews, Mechanical Engineering Letters の 4 誌では、設計工学・システム部門、機素潤滑設計部門、生産加工・工作機械部門、生産システム部門、情報・知能・精密機械部門とともに DSM カテゴリを形成して編修業務を行っている。また、特集号「設計工学とシステム工学の新展開 2020」を日本機械学会論文集 2020 年 11 月号(第 86 巻第 891 号)に企画・刊行した。この特集号は、2019 年 9 月に東北大学で開催された第 29 回設計工学・システム部門講演会で発表された 127 件の研究論文から選抜され、査読を経て 12 編の論文が掲載された。2021 年にオンライン開催された第 30 回部門講演会についても同様の特集号刊行を企画している。

2) Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing

上記 5 部門が合同で発行する英文ジャーナル JAMDSM (Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing を)において英文論文を査読、編修し、公開している。2020 年は、Vol. 14, No. 1 から No. 7 まで(論文数:109 編)を発行した。本英文ジャーナルは、関連部門が主催した国際会議において推薦された論文による特集号など、機に応じて各部門の企画による特集号を追加して刊行している。No. 2 では Special issue on IoT design, systems and applications の特集号を発行している。

2-3 研究会

当部門では、以下に示す 7 つの研究会および分科会を継続して設置し、設計工学の体系化、拡大深化を試みると共に、その啓発、普及活動に努めている。なお、A-TS12-05、A-TS12-

12、A-TS12-13 では独自にホームページを公開することによって、それぞれの研究活動や関連情報の公表に努めている。多くの研究会で、新型コロナウイルス感染症によって活動に影響が出たことが伺える。

- ✓ 関西設計工学研究会 (A-TS12-04、開催回数 0 回)
- ✓ 設計研究会 (A-TS12-05、開催回数 3 回)
 - <https://www.jsme.or.jp/dsd/A-TS12-05/>
- ✓ デザイン科学研究会 (A-TS12-12、開催回数 1 回)
 - <https://www.jsme.or.jp/dsd/A-TS12-12/index.html>
- ✓ タイムアクシスデザイン研究会 (A-TS12-13、開催回数 0 回)
 - <http://www.susdesign.t.u-tokyo.ac.jp/timeaxis/>
- ✓ 様々な角度からデザインを考える(A-TS-12-14)
- ✓ ものづくりにおける 3D 基盤構築への施策提言 研究会(A-TS 12-15)
- ✓ 次世代設計工学研究会(A-TS 12-16、開催回数 3 回)
- ✓ プロットプラン最適化に関する調査研究分科会(P-SCD412)

2-4 講習会

本年度は、当部門主催の講習会を 11 件実施した。新型コロナウイルス感染症の影響により、すべてオンライン開催であった。それぞれの講演会のタイトルと参加者数は表 4 に示す通りである。なお、2019 年度は 9 回の講演会があり、2020 年度の方が開催回数はむしろ増加した。オンラインの影響により、イベントの企画がしやすくなったという側面もあると考えられる。

表 4 2020 年度に企画, 開催した講習会

行事№	日にち	講習会タイトル	会場 (開催地)	参加 者数	講師 数
No. 20-47	2020 年 6 月 8 日	IDCAE スクール:Modelica セミナー(1)はじめての Modelica	オンライン開催	61	2
No. 20-37	2020 年 7 月 16 日 ～17 日	IDCAE スクール:第 1 回& 第 2 回合同(2020 年度)	オンライン開催	44	5
No. 20-64	2020 年 9 月 11 日	「 IDCAE スク ー ル : Modelica セミナー(2) Modelica 入門」	オンライン開催	35	2
No. 20-72	2020 年 10 月 16 日	自動車における3次元設計 の現状と課題	オンライン開催	32	5
No.	2020 年	IDCAE スクール:第 3 回	オンライン開催	16	4

20-38	10月22日 ～23日	(2020年度):ワクワクをデザインする			
No.	2020年	IoT 設計,システムと応用に	オンライン開催	68	4
20-231	11月6日	関する日独シンポジウム			
No.	2020年	2020(JGIoT-DSA2020)			
20-80	11月11日	「設計力 UP! CAE 活用術」 ～デジタル技術駆使の開発設計, 現状紹介～	オンライン開催	21	5
No.	2020年	1DCAE スクール:Modelica	オンライン開催	26	2
20-96	12月12日	セミナー(3)Modelica 活用			
No.	2020年	最適設計法の活用 ～データサイエンスを活用した最適設計と構造最適化を利用した積層造形	オンライン開催	59	4
20-79	12月18日				
No.	2021年	VE/VR を用いた設計・開発・ものづくりの新しい検討手法の紹介	オンライン開催	19	6
20-91	1月19日				
No.	2021年	1DCAE スクール:第4回	オンライン開催	16	5
20-39	1月21日 ～22日	(2020年度):製品をデザインする			

2-5 その他

部門独自の広報活動については、部門ホームページ (<http://www.jsme.or.jp/dsd/>)とニューズレターの発行(年3回)を中心に進めている。また、シンポジウム等のイベント案内については、部門の Facebook や機械学会のインフォメーションメールを通して随時配信している。

2020年度の贈賞は、部門賞(功績賞)2件、部門賞(業績賞)1件、部門表彰(フロンティア業績表彰)1件、部門表彰(奨励業績表彰)2件、部門表彰(部門貢献表彰)1件、優秀講演表彰2件(第29回部門講演会での講演が対象)となっている。

3. 主要技術分野の活動動向

3.1. デザイン科学(慶應大・加藤先生)

デザイン科学は「デザイン行為における法則性の解明およびデザイン行為に用いられる知識の体系化を目指す学問」とされており、近年の研究内容の傾向としては、d.school によるデザイン思考に基づく実践的な研究報告が多いことに加えて、AI 技術を応用したキーワードや形状生成などのジェネラティブデザインの研究報告も増加している。また、時間軸を考慮したサービスや最適化などのタイムアクシスデザインの研究報告も増えてきている。

研究報告の場として、本部門講演会では、設計理論・方法論、多空間デザインモデル、創発デザインの理論と実践、タイムアクシスデザインなどのオーガナイズドセッションが挙げられる。その他の定常的な研究報告の場として、日本デザイン学会春季大会におけるデザイン科学研究部会およびタイムアクシスデザイン研究部会のテーマセッションや、日本設計工学会春季大会におけるデザイン理論・方法論、タイムアクシスデザインのオーガナイズドセッションなどが挙げられる。これらに加えて、2020 年度においては、ICDES2020 (The 5th International Conference on Design Engineering and Science) や KEER2020(The 2020 International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research) などにおいても報告がなされている。2021 年度には Design シンポジウムや国際デザイン学会連合 (International Association of Societies of Design Research, IASDR) が開催する IASDR 2021 Conference が計画されていることに加えて、日本機械学会の本部門、日本デザイン学会、日本設計工学会の研究会の共催イベントであるデザイン塾も (2019-2020 年度のコロナ禍による開催自粛期間を経て) 2021 年度より開催予定である。

このように、デザイン科学に関しては今後も多くのイベントが企画されており、それらの展開に注目していく必要がある。

3.2. 最適設計(京大・泉井先生)

設計工学・システム部門が取り扱う研究課題は、材料力学等の主要な 4 力学分野等における「縦軸」の個々の技術の成果をシステムとして融合する「横串」として期待されているが、近年の最適設計分野においても、各力学分野との融合が進められ、また、データ科学・機械学習といった新しい手法の導入が進められている。

2020 年 11 月にオンラインで開催された第 30 回部門講演会では、「設計と最適化」および「多目的設計最適化・設計探索と実問題への適用」の 2 つの OS があり、合計 24 件にわたる多様な研究成果が報告され、高いレベルでの最適設計への関心が続いていることが確認できた。

アジア構造及び複合領域最適化学会 (Asian Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization: ACSMO2020) は、最適設計に関する大きな国際会議である。コロナ禍により開催が半年延び、今回は 2020 年 11 月にオンラインでの開催となった影響もあって参加者数が当初の見込みよりも大幅に減少したものの、日中韓を中心としたアジアから、特別講演等を含め 177 件の発表と 242 人の参加者が集まり、最新の手法が多数発表された。アジア地域においても最適設計の研究・普及が活発に進んでいる様子が理解できる。研究分野としては、ここ数年の流れを引き継ぎ、形状・トポロジー最適化に関する発表が多数を占めており、その対象は、構造力学、磁気、電磁波、音響、流体などの多様なフィジックスへの展開がみられるのも近年の傾向のとおりであるが、熱流体連成問題など、まさに異なる力学分野の現象を統合する横串的な取り組みも多く見られるようになった。また、複合材料の最適化、複数材料分布の同時最適化やマルチスケール問題の最適化など、より複雑な力学問題への解法の他に、付加製造 (Additive Manufacturing: AM) 技術との融合性に関する新しい手法も多数報告されるようになった。従来の製造法では製造困難な複雑な形状でも成形が可能となりつつあり、最適設計の活用の幅がさらに広がっている。

機械学習・データ科学関連手法の最適設計への応用法についての関心が、近年急速に高まりを見せているが、この関連の報告が大幅に増えたことも今回の会議の大きな特徴である。複雑な設計問題において、極めて少ない実験回数で、望ましい最適解を効率的に得るという方法は長年の研究により確立されつつあるが、数値解析と実験データの統合による最適設計など、さらなる発展が期待されている分野であると言える。さらに、形状・トポロジー最適化といった、より大規模なノンパラメトリックの問題への適用法に関する検討も始まっている。これらの問題は設計変数が膨大であり、従来の手法を直接的に利用することは困難であると言われてきたが、新たな観点からの取り組みが示されている。

以上のように、これまで培われてきた最適設計の方法が、さらに幅広い範囲の問題へ展開が進められており、さらに、AM や機械学習など新しい技術の統合化が進められている。これからも、ますますの発展が期待されると言える。

3.3. サービス工学(都立大・三竹先生、都立産技研・根本先生)

- はじめに

サービス工学は、サービスを対象に工学的アプローチを適用することで、より適切なサービスを効率よく生産することを目指す研究領域である(下村ら 2004)。ここで対象とされる「サービス」には、少なくとも2つの含意がある。1つ目は、提供者と受益者による相互行為のプロセスをサービスと呼ぶ場合である。2つ目は、製品販売を前提としないビジネスモデルをサービスと呼ぶ場合である。サービス工学の提案当初は、前者に重心があったが、欧州発の Product-Service Systems (PSS) 研究(Mont 2002)と歩みを共にする過程で、後者への関心を強めていった。現在では、両分野の関心に重なりが大きいことから、本報告ではサービス工学と PSS 研究を一括りにして扱うこととする。

サービス工学において採用されてきた工学的アプローチは、モデル駆動とデータ駆動の2つに分けられる(Watanabe et al. 2016)。モデル駆動は、サービスの表象を設計情報として整理することで、具体化に貢献することを目指す。単にグラフィカルに構造を整理することを目的とするものから、数理最適化やシミュレーションの適用を目的とするものまで、様々なモデリング手法が提案されている。他方、データ駆動は、具体的なサービスから計測技術を用いてデータを取得し、それを設計情報に昇華することで改善を目指す。サービス現場における人の動作計測や感情推定などによる効率的なサービス改善が研究されてきた。

本報告の目的は、サービス工学・PSS の研究動向を明らかにし、設計工学・システム部門全体への示唆を得ることである。そのために著者らは、ここ数年の部門講演会および関連する国内外の学会発表について調査を行った。以下では、その結果を「目的の問い直し」「システム境界の拡大」「デジタル技術」「協働設計」にまとめて解説する。

- 目的の問い直し

まず1つ目の変化は、何のためのサービスか、何のための設計か、といった目的の問い直しである。元来、サービス工学も PSS も、脱物質化や環境負荷低減を目的として提唱されたコンセプトであった。しかし、その成長期においては、企業の収益性や競争優位性への貢献が強調されること

が多かった。風向きが変わったのは2015年である。国連によるSDGs, EUによるCircular Economyが次々と発表され、特に欧州の研究者の関心は一気にサステナビリティへの貢献に回帰していった。現在もその潮流は続いており、ここ数年で発表されたPSS研究の大半が環境関連のキーワードを含んでいる。また、サービス工学・PSSの文脈で取り上げられる社会問題は、環境問題だけではない。貧困や難民、ホームレス、ヘルスケアといった社会問題に着目し、個人や社会のWell-beingに望ましく変化させるサービスを研究するTransformative Service Research (Anderson et al. 2013)は、サービス研究における重要テーマの1つに掲げられており、サービス設計の役割についても議論が進んでいる。設計工学においても、2019年のICED (International Conference on Engineering Design)でResponsible Designのセッションが組まれるなど、社会問題へのコミットは関連研究分野に共通する大きな潮流の1つと言える。Norman & Stappers (2015)がDesignXと呼ぶように、こうした社会問題には複雑な要因が絡み合っており、それを射程に入れたとき設計者には従来とは異なる要件が突きつけられる。以下に続く3つのトレンドは、その要件に深く関わっている。

- システム境界の拡大

モデル駆動のサービス工学・PSS研究においては、そのシステムの内部構造に焦点を当てたモデル化方法や設計支援についての取り組みが多くなされてきた。一方で、前述した社会問題にコミットする姿勢や、後述するデジタル技術の革新によって、考慮せねばならないシステムの大規模化・複雑化が進んでいる。そのようなシステムは、境界を明確に定義することができず、要素還元主義に基づく古典的な開発方法では限界があることが認識され始めている。特にPSS研究においては、PSSとより包括的な技術システムや社会システムとの関係性の精緻化が試みられている。具体的には、System of systems, Socio-technical system, Large technical systemなど、元来他分野で扱われていたシステム概念とPSSの関係を検討する研究が取り組まれている (Joore & Brezet 2015; Kanda & Matschewsky 2018; Fakhfakh et al. 2020)。このような研究からは、今後のサービスのモデル化に必要な巨視的な視点に関する知見の蓄積が期待される。

- デジタル技術

IoT, ビッグデータ解析, デジタルツイン, 機械学習等のデジタル技術の進展は、サービス工学・PSSにも大きな影響を与えている。主に(1)デジタル技術を統合した新たなビジネスモデルであるSmart PSSの設計, (2)デジタル技術を活用したデータ駆動のサービス設計に関する注目が急速に高まっている (Pirola et al. 2020; Watanabe et al. 2020; Gaiardelli et al. 2021)。前者においては、Smart PSSという新たな概念の精緻化やその構成要素に関する議論など、研究分野における共通理解の確立に向けた動きが見られる。後者においては、顧客の利用データ解析の高度化による潜在的な顧客価値の抽出や、使用時のセンサデータを扱い環境変化に適応する動的な設計変更手法の開発、従業員の位置情報や動作解析に基づくサービスの改善や技能継承などが見られる。まとめると、顧客の使用価値を正確に理解した上で、その顧客価値を充足できるサービスを恒常的に提供するための手段が検討されている。

- 協働設計

前述したシステム境界の拡大により、サービス設計を独立した一主体で実施することは、ますます

困難になっており、関連するステークホルダが参画する協働設計が必須である。サービスの協働設計はこれまでも継続的に議論されているトピックではあるが、近年においては、PSS のライフサイクルに沿った企業間の協働に求められる重要な要因の体系化(Harrat et al. 2020)や、多様な主体が参画する PSS 設計における戦略的目標の設計方法などが提案されている(Orellano et al. 2019)。一方、価値の受給者が一般消費者や市民である B2C のサービス設計においては、ユーザの実生活環境をプラットフォームとし、設計段階に能動的にユーザが参画することで、対象とする社会文脈に沿った合理的な解を共創するリビングラボを取り入れた設計方法も着目されている(Akasaka and Nakatani 2021)。これらの研究は、サービス設計においてステークホルダが効果的に相互作用するための重要な知見を与えるものである。

- むすびに

以上のように、サービス工学、またその関連分野におけるトレンドを概観すると、サービスの捉え方が「競争優位性獲得の手段」「提供者—顧客の 2 者関係」「要素還元可能であり静的」から、「社会的便益のための手段」「マクロなシステム」「相互作用的で動的」へと転換・拡大していることがわかる。そして、その設計場では、ステークホルダの協働、デジタル技術によって取得されるデータの利活用が求められる。一方、このような視点の転換・拡大は、サービス設計の複雑さと不確実性を増長させるといえる。そのような環境下では、どのようにして取得データを納得できる知識へと昇華させ、ステークホルダ間でそれらを納得しながら合理的に設計を進められるかが今後の重要な問いになる。この問いは、サービス工学に限らず、設計工学全体にも投げかけられるべきものであろう。

参考文献

下村芳樹, 他 (2005) ‘サービス工学の提案(第1報, サービス工学のためのサービスのモデル化技法)’, 日本機械学会論文集(C編), 71(702), pp. 315-322.

Akasaka, F. and Nakatani, M. (2021) ‘Citizen Involvement in Service Co-Creation in Urban Living Labs’ In Proceedings of the 54th Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 4374-4383.

Anderson, L. et al. (2013) ‘Transformative service research: An agenda for the future’, Journal of Business Research, 66(8), pp. 1203–1210.

Fakhfakh, S., et al. (2020) ‘A meta-model for product service systems of systems’, In Proceedings of the DESIGN Conference 2020 , pp. 1235-1244.

Gaiardelli, P., et al. (2021) ‘Product-Service Systems Evolution in the Era of Industry 4.0’, Service Business, 15, pp. 177-207.

Harrat, M., Belkadi, F., & Bernard, A. (2020). ‘Towards a modeling framework of collaboration in PSS development project: A review of key factors’, Procedia CIRP, 90, pp. 736-741.

Joore, P. and Brezet, H. (2015) ‘A Multilevel Design Model: The Mutual Relationship between Product-Service System Development and Societal Change Processes’, Journal of Cleaner Production, 97 (June), pp. 92–105.

Kanda, W. and Matschewsky, J. (2018) ‘An Exploratory Expansion of the Concept of Product-Service

Systems beyond Products and Services.’, *Procedia CIRP*, 73, pp. 185–190.

Mont, O. K. (2002) ‘Clarifying the concept of product–service system’, *Journal of Cleaner Production*, 10, pp. 237–245.

Norman, D. A. and Stappers, P. J. (2015) ‘DesignX: Complex Sociotechnical Systems’, *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 1(2), pp. 83–94.

Orellano, M., et al. (2019) ‘A system modelling approach to collaborative PSS design’, *Procedia CIRP*, 83, pp. 218–223.

Pirola, F., et al. (2020) ‘Digital Technologies in Product-Service Systems: A Literature Review and a Research Agenda’, *Computers in Industry*, 123 (December), 103301.

Watanabe, K., et al. (2016) ‘Service engineering research in Japan: Towards a sustainable society’, in: A. Jones, P. Ström, B. Hermelin, G. Rusten (Eds.) *Services and the Green Economy*, Chapter 10, pp. 221–244.

Watanabe, K., et al. (2020) ‘Evolutionary Design Framework for Smart PSS: Service Engineering Approach’, *Advanced Engineering Informatics*, 45 (August), 101119.

3.4. ライフサイクル工学(東大・木下先生)

国連による持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals; SDGs)、脱炭素(カーボンニュートラル)、ESG 投資などに見られるように、製造業においてもサステナビリティの考え方を取り入れることがますます求められるようになってきている。とりわけ、欧州を起点としたサーキュラー・エコノミー(循環経済、CE)のコンセプトならびに EU の政策は、これからのものづくりの在り方を大きく変えつつある。日本では、2000 年前後から循環型社会への転換を目標として、家電リサイクル法や自動車リサイクル法を始めとする各種の法整備が進み、かつ、学界でもライフサイクル設計やライフサイクルマネジメントといった方法論の開発が活発に進められてきた。少なくとも日本の産業界においては、リサイクルを主体としたシステムがそれなりに構築できたことによって、2015 年頃まではライフサイクル工学分野の研究および開発については一段落した感があった。しかし、ここ数年来のサーキュラー・エコノミーの考え方の急速な広まりにより、ライフサイクル思考やライフサイクル工学分野の方法論に対する関心が、産業界でも再び高まってきているという状況にある。

ライフサイクル工学やサステナビリティ設計と呼ばれる研究分野の最新動向については、本部門講演会では「ライフサイクル設計とサービス工学」などのオーガナイズドセッションで発表が行われている。国際会議では、EcoDesign 国際会議や CIRP Conference on Life Cycle Engineering (CIRP-LCE)で最新の研究発表がなされている。最近では、ライフサイクル設計、ライフサイクルマネジメント、ライフサイクルアセスメント(LCA)等の手法を様々な実システム・実ビジネスに適用したケーススタディが産学連携のもとで行われているとともに、AI・機械学習をはじめとするデジタル技術を活用した新たな研究テーマも発表されてきている。さらに、サーキュラー・エコノミーを DX によって実現するためのコンセプトや方法論に関する研究プロジェクトも国内外でいくつか立ち上がってきており、今後の展開が注目される。

4. 技術委員会における議論と提言事項

2021年3月17日に技術委員会メンバーがZoom上に集まり、D&S部門が対象とする学術分野における中長期的な見通しと、部門のあるべき姿について自由に議論を行った。以下では、その議論に基づいて提言事項をまとめる。近年の主な社会的な潮流としては、

- 価値観の多様化
- デジタル化(デジタル革命(DX)、Internet of Things (IoT))
- 環境問題・サステナビリティ問題への関心の高まり
- 新型コロナウイルス感染症の世界的流行による影響

が挙げられる。特に、2020年度は新型コロナウイルス感染症の影響が極めて大きく、社会に不連続的な変化をもたらしている。最も大きな変化は諸活動のオンライン化であろう。オンライン化の急速な浸透は、距離の制約がなくなり時間の柔軟性が向上するだけにとどまらず、資料や文書をオンライン会議で共有する文化が醸成されることによるデジタル化の加速、concurrent engineeringを進めやすくする環境の形成、企業活動に関しては出張費、交際費などの経費削減にもつながっている。一方で、活動の多くがオンラインとなり対面でのコミュニケーションが激減したことによる弊害として、論理的な議論ができて一方で前提条件の共有がうまくいかず議論が噛み合わないケースが散見される、議論が表層的になっているなどの議論に関する課題、偶発的な出会いや井戸端会議的な情報交換などの機会の減少、孤独感や不安感などの心の問題などが挙げられる。以下では、デジタル化、コミュニケーション/ヒューマン・インタフェース、安全・安心を取り上げ、設計工学・システム分野およびD&S部門で取り上げるべき課題を述べる。

デジタル化に関しては、新型コロナウイルス感染症の影響によってデジタル革命(DX)、Internet of Things (IoT)への期待がますます高まっていることから、これまで次世代設計工学研究会や産学連携推進委員会などを中心に行われてきたデジタル化に対する議論を進めていくとともに部門として議論し共有する場を提供していくべきである。一方で、設計では地方の製造業のデジタル化が非常に遅れていること、その点で地方と都市の格差がむしろ拡大しているとの指摘がされたことから、オンラインを活用してconcurrent engineeringを普及・推進し、地方・中小企業にデジタル化を広げていくことが必要である。さらに、日本では設計において人が調整する部分が存在する。その部分をうまく勘案しつつ、対面でない条件下での設計を支援できるように、日本型のデジタル化を進めるという観点も重要である。この点について、現状を理解するための試みとして、産業界で使われている設計手法と将来ニーズを調査することが望まれる。

コミュニケーション/ヒューマン・インタフェースに関しては、オンラインによるメリットとデメリットが直接的に表出しているところである。議論では現地対面でないことによりコミュニケーションのための情報が限定的になること、オンラインで流れ込む情報の取捨選択がうまくいかず必要な情報を落としてしまう可能性などの問題が指摘された。一方で、オンライン化の推進にともなって、部門主

催の講演会・セミナーなどは開催しやすくなった側面もある。今後は、オンラインによって対面以上の価値を出すことができるのかどうか、さらなる検証が必要である。

安全・安心に関しては、心の問題をあらためて議論すべきであること、安全と安心感のギャップが問題になっていることなどが指摘された。心の問題に代表されるように、D&S 部門が対象とする問題はより複雑化していると捉えることができ、その解決に向けては工学系に加えて、心理学、社会学など他分野との連携が重要である。その点で、部門横断型活動に対し、部門として積極的に支援していくことが望まれる。

最後になるが、今年度設計活動を含む諸活動のオンライン化が急激に進んだが、その結果どのような影響が出てくるかは現時点ではみえておらず、全貌が明らかになるには少なくとも数年はかかると思われる。影響によっては設計や設計支援の在り方が変わっていく可能性もあるため、引き続き影響を調査していくことが必要である。また、中長期的な部門の活性化のためには、対面・オンラインに関わらず、若手研究者(博士号を取得したばかりの人など)に部門活動に積極的に関与してもらえよう、仕組み・体制づくりが重要であろう。

5. 2021 年度技術委員会に対する諮問事項

4 節で提示したように、D&S 部門でも社会的な潮流・課題に対応した研究を推進することが望まれる。その点で、部門横断型の活動、産業界のニーズにマッチした活動を支援することが一手である。また、新型コロナウイルス感染症の影響で急速に進んだオンライン化の影響は、設計分野に関しては少なくとも数年単位で見えていく必要がある。そこで、2020 年度に引き続き、新型コロナウイルス感染症の流行による影響、特にオンライン化による影響を調査するとともに、デジタル化を含めた D&S 部門への将来ニーズについて調査・議論してください。