

JACI NEWS LETTER

Japan Association for Chemical Innovation
公益社団法人 新化学技術推進協会

No.94 2026.5

HEADLINE

- 01 循環型社会実現に向けて
- 02 GSC話題
温室効果ガス (GHG) を
有用資源に変換する
Carbon Looping技術
- 04 有機合成の自動化・自律化を
目指したデジタル駆動化学
- 06 JACI技術情報資産の有効活用
AIベクトル解析が拓く技術の
系譜と未来
- 08 第15回JACI/GSCシンポジウム
開催のお知らせ
(2026年6月16日~17日)

循環型社会実現に 向けて



公益社団法人石油学会 会長
山口 康春

2020年のカーボンニュートラル宣言以降、世界的にさまざまな出来事が起こりました。人間は過去の苦い教訓を忘れ、強い自国主義の現れが戦争であるとしたら悲しいことです。結果として、経済合理性、制度設計の必要性、社会受容性の点から、脱炭素社会の実現も後退の兆しがあらわれ、社会はより現実的な解を求めようとしています。

今後、我々に求められているのは、地球環境の保全、資源の持続可能な利用、そしてエネルギー安全保障の観点から、再生可能エネルギーの導入や資源の再利用といった課題に、知恵を提供し続けることです。

この議論の中であらためて認識されつつあるのが、炭化水素の持つ本質的な価値です。炭化水素は、高いエネルギー密度を持ち保存可能なエネルギー源であると同時に、化学品や素材の原料として、現代社会を支える不可欠な存在です。

幸いにも、わが国には、石油・石油化学産業を通じて長年にわたり培われてきた、世界に誇るべき高度なプロセス・触媒技術、EPC技術、装置運転技術、設備保全技術があります。これらの技術は、エネルギートランジションや循環型社会の構築においても、極めて有効に機能する貴重な資産です。その一方、再生可能エネルギーの導入や資源の再利用においては、地域の特性に応じた分散型・地産地消型の設備への移行も求められています。この変化は単なる設備のスケールダウンではなく、エネルギーと資源の流れそのものを再設計することを意味します。既存技術の延長線上にある一方、先進的な取り組みも必要であり、多様な立場の専門家が、現場と研究の垣根を越えて協働することが不可欠です。

学術・産業界の連携が、これまで以上に重要になる中で、共に知恵を出し合い、次代を切り拓く技術と人材を育み、社会に還元していく。その歩みを、公益社団法人 新化学技術推進協会の皆さまと共に進めてまいりたいと願っております。

HPニュースレター
バックナンバー



温室効果ガス (GHG) を有用資源に変換する Carbon Looping技術

静岡大学 名誉教授 福原 長寿

1. はじめに

地球環境保護のため各国は国連気候変動枠組み条約締約国会議 (COP) で温室効果ガスの削減目標を提示しており、我国は2013年度の排出CO₂量 (14億800万トン) を基準に、2030年までにその46%削減を、2050年までにネットゼロを目指すことを約束宣言した。

CO₂処理技術として著者は、CO₂のメタン化反応 ($\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, $\Delta H^0 = -165 \text{ kJ/mol}$) やCH₄変換後のドライ改質反応 ($\text{CO}_2 + \text{CH}_4 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$, $\Delta H^0 = 247 \text{ kJ/mol}$, 合成ガス製造)、そして合成ガスから固体炭素回収を図るCarbon Looping技術を開拓した¹⁻⁴⁾。この技術の反応プロセスは大量で効率的な原料処理を実施する構造体触媒反応システム^{4,5)}が基軸である。

2. Carbon Looping技術

CO₂のメタン化反応で得られるCH₄は合成ガス (e-メタン) として都市ガス利用が考えられている。しかし、燃焼後は再びCO₂として排出されてしまう。そこで著者は、メタン化反応プロセス⇒ドライ改質プロセス⇒固体炭素捕集プロセスと組み合わせることで、排ガスCO₂のカーボンリサイクルを図るCarbon Looping技術を構築した。

図1にそのリサイクルフローを示す。産業排出CO₂を原料

に、CH₄以外にも有用な合成ガスや固体炭素を製造する循環プロセスである。このプロセスでは、ドライ改質工程でCO₂が必要となるためメタン化プロセスは必ずしもフルパワーを求めず、むしろ半分のパワーでよい。そのためメタン化反応に必要なH₂量は量論比4よりも少ない量で済み、メタン化プロセスのコスト軽減につながる。また、捕集した固体炭素は機能性材料として利用できる。

3. CO₂の高速処理を図る構造体触媒反応システム

産業プロセスからのCO₂処理では、大量な処理とそれに伴う熱エネルギーの適切な制御が必要である。一般に汎用される触媒充填型反応システムの場合、圧力損失の増大と対流伝熱の非効率性がその実現を阻む。著者は、この解決を構造体触媒反応システム (高速で高効率な物質移動と熱移動を実現) で図り、特にガスの旋回流れ (Swirl flow) を利用したスパイラル形触媒反応システムを開発した。

図2は、スパイラル形触媒にN₂ガスを流したときの流れの数値流体力学 (CFD) 解析である。基材上の流れの線速度をカラー等高線で表記している。スパイラル形基材 (11 mm幅×150 mm長) を縦に中心で割った (竹割り) 状態の基材表面を見ると、ガス境界層の厚みは流量の増加でより薄くなる。触媒上での強力な旋回流れの発生は、原料ガ

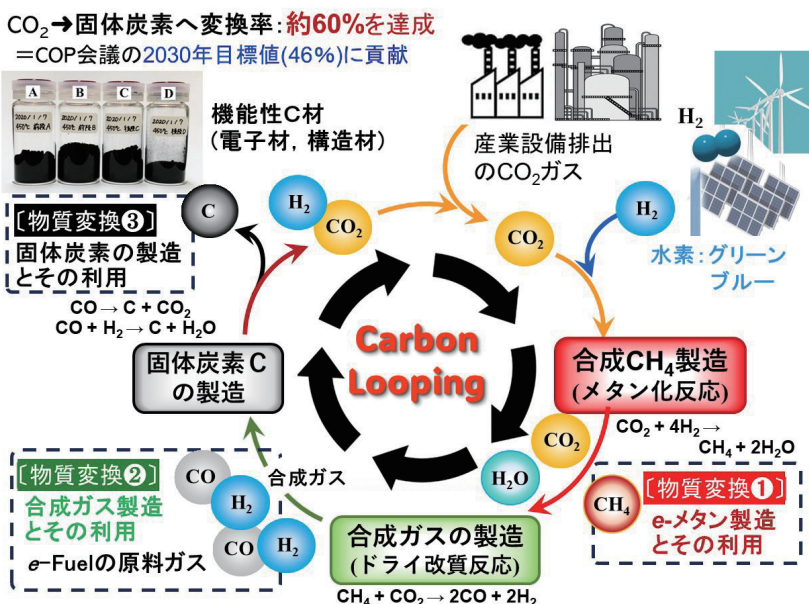


図1 CO₂のCarbon Looping技術

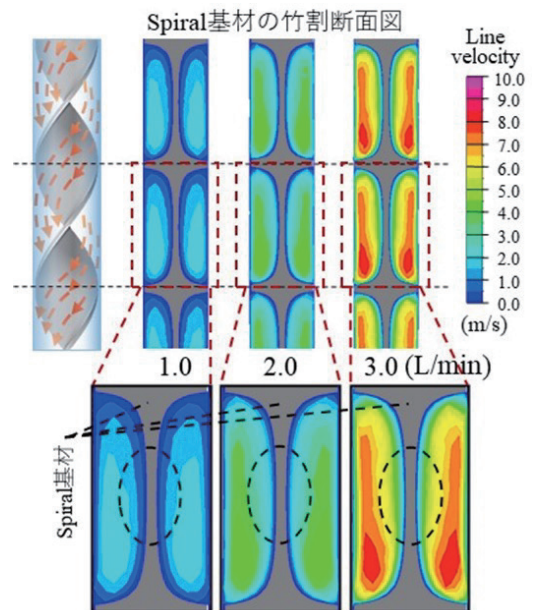


図2 スパイラル形基材上のガス流れ：CFD解析

産業プロセス排出のCO₂を合成メタンや合成ガス、そして固体炭素に変換してCO₂の資源回収を図るCarbon Looping技術について紹介する。本技術の特長は、大量に排出されるCO₂ガスを迅速で高効率に物質変換する新規な反応場としてスパイラル形構造体触媒反応システムを開発したことにある。スパイラル形状がもたらすSwirl流れによる物質移動と熱移動の加速効果が、これまでの温室効果ガス処理で課題となっていた高速処理と効率的な熱エネルギー制御を可能にすることを述べる。

スと触媒との接触効率を高め、また反応熱エネルギーの除去力/供給力を高める。そのことが、たとえ単位体積当たりの触媒使用量が少なくとも、反応場に高い物質変換力を付与することになる。

4. CO₂からのCarbon Loopingによる物質変換の実績

図3は構築したCarbon Looping装置であり、供給CO₂をメタン化反応場⇒ドライ改質場⇒固体炭素捕集場の連結型反応プロセスで処理する。メタン化場にはスパイラル形構造体触媒 (7 mm φ × 100 mm長, 2本, Ru/CeO₂触媒の総量: 1.8 g)、ドライ改質場にはスパイラル形構造体触媒 (7 mm φ × 55 mm長, 6本, Ni/CeO₂系触媒の総量: 0.9 g)、そして固体炭素捕集場には円筒形構造体触媒 (25 mm φ × 50 mm長, 5個, Fe系触媒の総量: 0.5 g) が設置してある。各触媒の還元後、模擬排ガス (CO₂: H₂: O₂: N₂ = 20: 44-74: 2: 4-34 vol%) を2.0 L/minで供給した。

このときの炭素捕集率 [= 捕集Cの物質質量 (mol/h) ÷ メタン化場に供給したCO₂の物質質量 (mol/h)] が図4である。図から、捕集率はH₂/CO₂が2.5~3.0で30%以上であり、CO₂⇒固体Cへ確実に変換されている。現在は、捕集用のFe系触媒成分を調整することでその捕集率は60%以上に高まっている。そして、メタン化場へのH₂供給が量論比

以下で充分であることは、プロセスのH₂使用量が軽減されて都合がよい。Looping技術の途中における合成メタンや合成ガスの製造も高効率に実施されている。さらに、投入原料ガスのエクセルギーを基準としたプロセス評価では、本プロセスの熱

力学的な利点が明らかになった。このような効率的なCO₂変換の実施には、構造体触媒システムの高い物質移動性と高い熱制御性の採用がキーポイントであり、スパイラル形触媒はその特性をより加速する。従来の触媒充填型システムでは成し得ない変換技術を提供する。

5. おわりに

温室効果ガスの工業的な処理プロセスの構築は、触媒化学と反応工学に立脚した取り組みが必要である。しかし、ここ数十年において両学理の乖離が叫ばれて久しい。SDG'sの目標達成やCOP会議の約束草案の実現、そして2050年までのCO₂排出ゼロ宣言を勘案すると、これまで以上に両学理を融合した触媒変換技術の開拓が求められる。構造体触媒反応システムによるCO₂のメタン化やドライ改質、そして固体炭素捕集との組み合わせ技術は、そのような変換技術の一例になると考えている。

参考文献

- 1) Fukuhara, C., et al., *Sustain. Ener. & Fuels*, **10/1**, 211 (2026).
- 2) Fukuhara, C., Matsui, Y., et al., *Chem. Eng. J. Advan.*, **5**, 100057 (2020).
- 3) Fukuhara, C., et al., *Chem. Lett.*, **48/3**, 196 (2019).
- 4) Fukuhara, C., et al., *Chem. Lett.*, **48/5**, 441 (2019).
- 5) M.S. Hossain, Fukuhara, C., et al., *J. Chem. Eng. Jpn.*, **56/1**, 2182628 (2023).

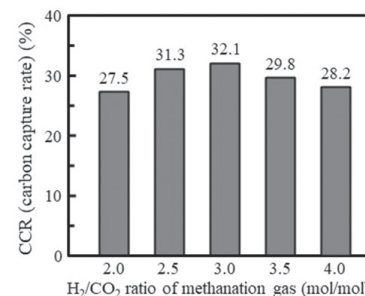


図4 CO₂からの固体炭素捕集率

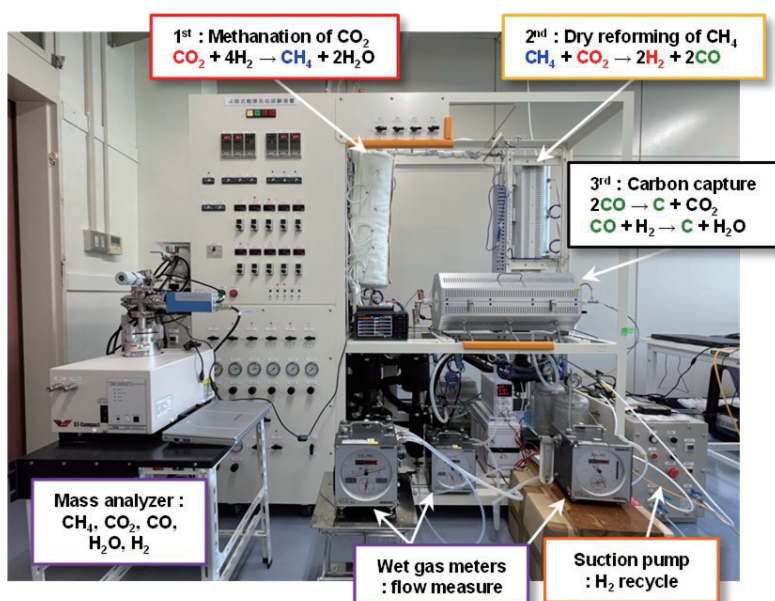


図3 連結型CO₂処理のCarbon Looping装置

有機合成の自動化・自律化を目指した デジタル駆動化学

産業技術総合研究所 触媒化学研究部門 デジタル駆動化学研究グループ 研究グループ長 矢田 陽

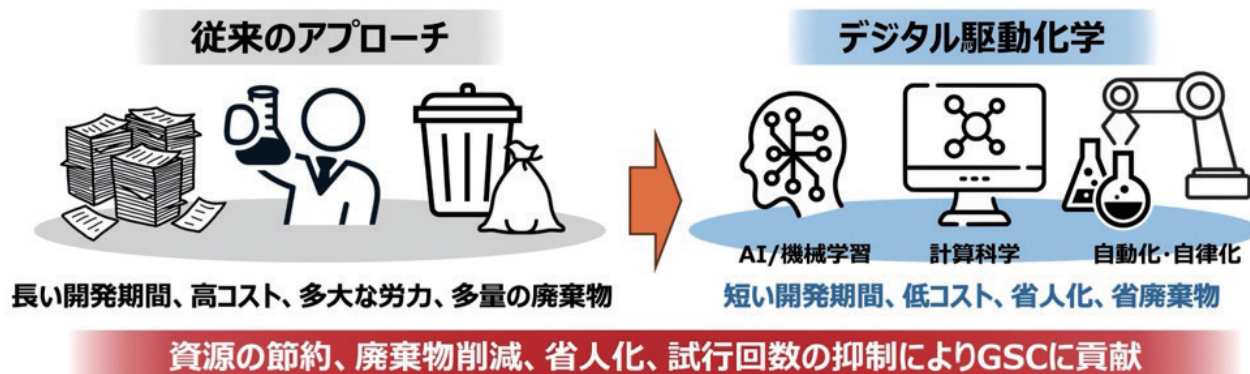


図1 デジタル駆動化学の概要

有機合成研究はこれまで、化学者の仮説構築力と実験技術を基盤として発展してきた。一方で、触媒設計や反応条件探索は試行錯誤に依存しやすく、時間・労力・資源消費が大きいという課題を抱えている。こうした背景のもと、AI、データ科学、計算科学、自動化技術を統合した「デジタル駆動化学」により、有機合成における設計—実験—解析—学習の循環そのものを再設計する試みが進められている(図1)¹⁾。我々の研究グループでは、少ない実験回数で開発目標に到達する有機合成研究の実現を目指し、研究効率の向上と同時に、溶媒や試薬使用量、廃棄物の削減といったGSCの要請に応える研究を展開している。

触媒反応は、触媒構造、反応条件、基質との相互作用が複雑に絡み合うため、従来は経験に大きく依存した探索が主流であった。これに対し、我々の研究グループでは「キャタリストインフォマティクス」研究を推進し、触媒分子の構造情報や量子化学計算から得られる物理化学量を記述子として数値化し、機械学習により触媒性能を予測する枠組みを構築してきた。LASSOなどの手法を用いることで、膨大な候補変数の中から反応収率に本質的に寄与する因子を自動的に抽出し、限られた実験データ数でも実用的な予測モデルを構築することを可能としてきた²⁾。さらに、反応収率だけでなく、収率の時間変化から導出した反応初速度そのものを目的変数とするモデルも検討している。反応初速度は触媒活性をより直接的に反映する指標であり、終点収率のみでは捉えにくい触媒間の差異を可視化できる点で重要である³⁾。また、反応データの分布が偏り回帰モデル

の構築が困難な場合には、「反応性が高い／低い」といった分類モデルを用いることで、実験計画に資する形での予測を可能にしている⁴⁾。これらの取り組みは、不要な触媒合成や条件検討を回避し、探索型研究を省資源化するための基盤技術である。

機能性化学品の合成経路そのものの選択も、GSCの観点から極めて重要である。反応工程数、副生成物の有無、危険試薬使用の有無は、環境負荷や安全性に直結する。我々は現在、反応ルールに基づいて逆合成解析を行う合成経路設計プログラムを開発し、多数の候補ルートを機械的に生成した上で、実現可能性の高い経路を効率的に絞り込むことに注力している。有機化学では、基本的な反応ルールの組み合わせのみでも多様な経路が得られる一方、置換基効果や競合反応など、ルールだけでは判断できない要素も少なくない。そこで、遷移状態計算による活性化エネルギー評価も併用し、目的反応と副反応との相対的な有利・不利を定量的に比較することで、候補経路の妥当性も評価している。これにより、闇雲な実験検証を避け、検討すべき経路を初期段階で合理的に絞り込むことが可能となる(図2)⁵⁾。合成経路設計と計算化学を融合することで、探索の質を高めつつ、無駄な試行錯誤を削減することができる。

設計や予測の結果を検証する段階においても、デジタル技術は重要な役割を果たす。我々のグループでは、バッチ式自律の実験システムを構築し、試薬分注、反応、オンライン分析、データ解析を自動的に連携させている。本シス

医薬品や電子材料等の機能性化学品製造分野の研究開発現場では、開発期間の短縮、省人化、資源効率の向上がますます重要な課題となっている。従来、有機合成における合成経路設計、触媒設計・条件検討は多くの試行錯誤を伴い、時間やコスト、廃棄物の増加を避けられなかった。こうした課題に対し、AI、データ科学、計算科学、自動化技術を統合した「デジタル駆動化学」は、実験の試行回数を抑えつつ合理的な意思決定を可能にする新たな研究開発アプローチである。本稿では、触媒設計、反応条件探索、合成経路設計を対象に、開発現場における研究効率とGSCを同時に実現する有機合成の自動化・自律化に関する我々の取り組みを紹介する。

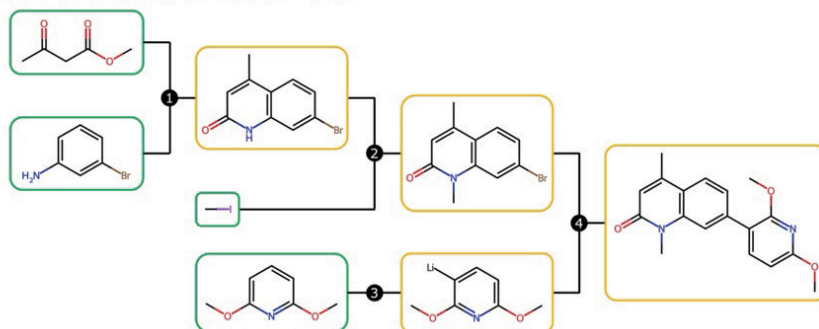
テムでは1日あたり最大36反応の実施が可能であり、人的作業と比較して大幅な省力化を実現している(図3)⁶⁾。また、次に試す反応条件を提案するベイズ最適化を組み込み、少ない試行回数で目標収率に到達できることを示してきた。

この自動化・自律化システムを実現するためには、実験の再現性確保が不可欠であった。分注量、試料移送、分析手法など、実験プロセスの細部に潜む誤差要因を一つずつ洗い出し、システム仕様を改善することで、安定したデータ取得を可能にしてきた。こうした地道な取り組みが、今後のデータ駆動型有機合成研究を実験室レベルで成立させるための鍵である。

デジタル駆動化学の本質は、AIや自動化を導入すること自体ではなく、「どの実験を行わずに済ませるか」を合理的に判断し、研究全体の意思決定を高速化・省資源化する点にある。触媒設計、合成経路設計、条件最適化を一体的にデジタルで駆動することで、有機合成研究はより持続可能で再現性の高いものへと進化する。我々の研究グループは今後も、化学とデジタル技術の融合を通じて、有機合成の自動化・自律化を現実の研究現場で機能する形へと発展させ、グリーン・サステイナブルケミストリーの実現に貢献していく考えである。

本稿で紹介した成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP16010、JPNP19004)によって得られたものです。

<プログラムによって出力されたルート案>



<実験によるルート開通>

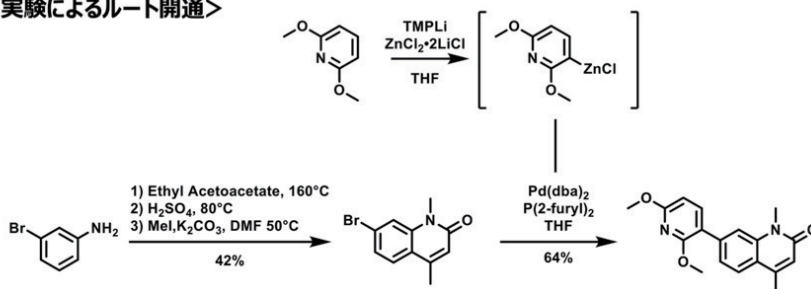


図2 合成経路設計と実験検証によるルート開通例



✓ 少数試行で最適化 ✓ 人的作業の大幅な削減 ✓ 高再現性データの取得

図3 バッチ式自律の実験システム

- 1) S. Bräse, Digital Discovery, 3, 1923–1932 (2024).
- 2) A. Yada et al., Chem. Lett. 43, 283–287 (2018).
- 3) A. Yada et al., Synlett, 32, 1843–1848 (2021).
- 4) N. Noto et al., Angew. Chem. Int. Ed., 62, e202219107 (2023).
- 5) 馬島翔平、矢田陽、渡久平俊樹、正村太一、堀憲次、「DX

を活用した化合物合成ルートの効率的な設計」、化学工学会第55回秋季大会、Z307.

- 6) 熊田佳菜子、「有機合成反応の条件予測システムの構築と自動実験による検証」、第2回AIロボット駆動科学研究会、2024年10月28日

JACI技術情報資産の有効活用 AIベクトル解析が拓く技術の系譜と未来

1. はじめに：素材革新を加速するデータ駆動型研究

地政学リスクの高まりや気候変動への対応など、日本の素材産業は今、劇的な転換期にあります。政府の「マテリアル革新力強化戦略」においても、AIやデータを駆使したイノベーションの加速は最重要課題です。こうした潮流を受け、化学・材料分野では「ケモ・マテリアルズ・インフォマティクス (CMI)」の重要性が増しています。JACIでは、長年蓄積してきた膨大な技術講演情報という「資産」を、自然言語処理 (NLP) によって解析・可視化し、会員企業の意思決定を支援する新たなフェーズへと舵を切りました。

2. 「バベルの壁」を打破する多言語技術解析

グローバルな技術トレンドを俯瞰する際、最大の障害となるのが「言語の壁」です。日本、米国、中国、韓国といった主要国の学会講演データには、次世代の技術トレンドが眠っていますが、従来のキーワード検索や単純な翻訳では、専門用語の揺らぎや文脈の違いを吸収しきれず、国境を越えた技術のシナジーを発見することが困難でした。この課題に対し、JACIでは統計学的言語解析パッケージ「quanteda」を中心とした解析エンジンを導入しました。この手法の核心は、言葉

を単に「読む」のではなく、統計的な文脈に基づいて多次元の「数字のベクトル」へと強制翻訳することにあります。

具体的には、テキストから抽出した単語の出現頻度を「Document-Feature Matrix (DFM)」として構造化し、TF-IDF法によって専門用語の重み付けを行います。さらに、コサイン類似度を用いることで、技術的文脈が近いドキュメント同士を数学的に判定することが可能になります。これにより、翻訳の精度や人間の先入観に依存しない、「技術の現在地」を描き出すことが可能となりました。

4か国の知が集結するデータセットと「バベルの壁」

JACIは昨年度の主要学会講演データを400件以上蓄積しています（日本、米国、中国、韓国）。ここには次世代の技術トレンドが眠っていますが、言語の違いが俯瞰的な分析を阻む「バベルの壁」となっています。

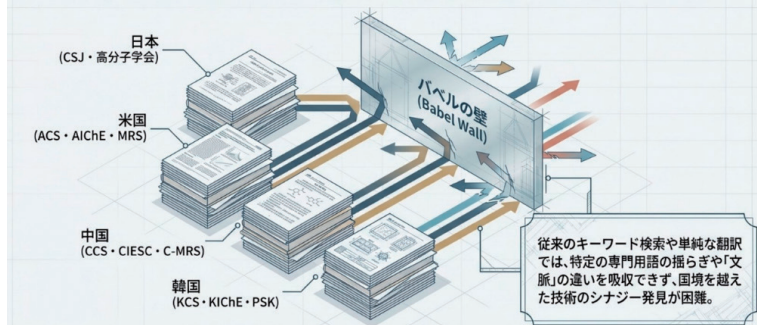


図1 4か国の知が集結するデータセットと「バベルの壁」

3. マクロとミクロの解析：可視化される技術の系

2011年から15年間のデータを対象に、以下の2つのアプローチで技術の「現在地」と「進化」を可視化しています。

- ・マクロの地図 (t-SNE)：高次元のベクトルデータを2次元平面に投影し、技術グループ (クラスター) を「銀河の地図」のように俯瞰します。言語を問わず「隣人は誰か」を判別するため、例えば米国の環境化学に関する英語講演が日本の研究クラスターへ完全に統合されているといった、グローバルな技術融合の実態を一目で把握できます。
- ・ミクロの系譜 (デンドログラム)：階層的クラスタリングにより技術のDNAを辿ります。これにより、韓国の研

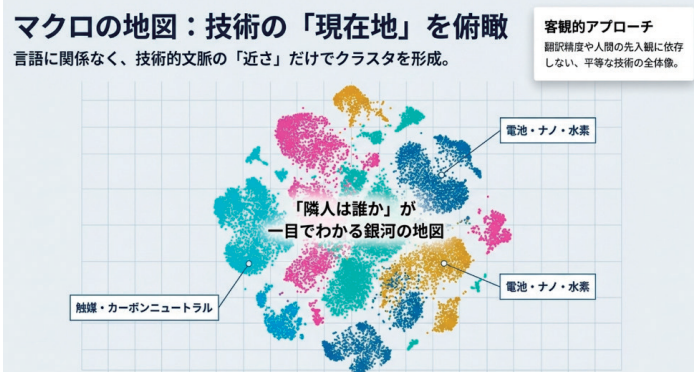


図2 t-SNEによる技術マップ

JACIが蓄積した膨大な技術情報をAIベクトル解析で「見える化」。言語の壁を越え、データ駆動型研究の新たな地平を切り拓き、R&Dサイクルの劇的な短縮を実現します。高度な解析手法を直感的なGUIツールに集約。15年分の技術の系譜を俯瞰し、次なる戦略の「熱源」を特定する実務ツールとして皆様へ無償配布します。

究グループが形成する独自の強固なエコシステムなど、各国の独自性や技術の分化・統合のプロセスを詳細に追跡可能です。

4. プロトタイプ提供と活用イメージ

JACIフロンティア連携委員会では、この解析エンジンを皆様ご自身の所属組織内で活用できるよう、パッケージ化したプロトタイプの配布を開始しました。

提供パッケージには、すぐに使える「類似講演検索システム（アプリケーション本体）」に加え、透明性を確保するための「全ソースコード」、詳細な「日本語ユーザーマニュアル」、および「利用規約」が含まれています。本システムは、R言語のGUIフレームワークである「Shiny」をベースに開発されており、プログラミングに詳しくない技術者の方でも、ブラウザ上で直感的に操作できる設計となっています。例えば図3に、開発中のShinyベースでの画面を簡単にご紹介しますが、

まず1. で解析するデータファイルを入力後、2. 3. でクラスタ数や解析条件を入力して、4. にて次元削減した分布をグラフで表示するといった一連の作業ができます。

本システムは、quantedaやTF-IDF、t-SNEといった10年以上の歴史を持つ学術的に確立された手法のみで構成されており、知財リスクを最小限に抑えつつ実務へ即時展開可能です。

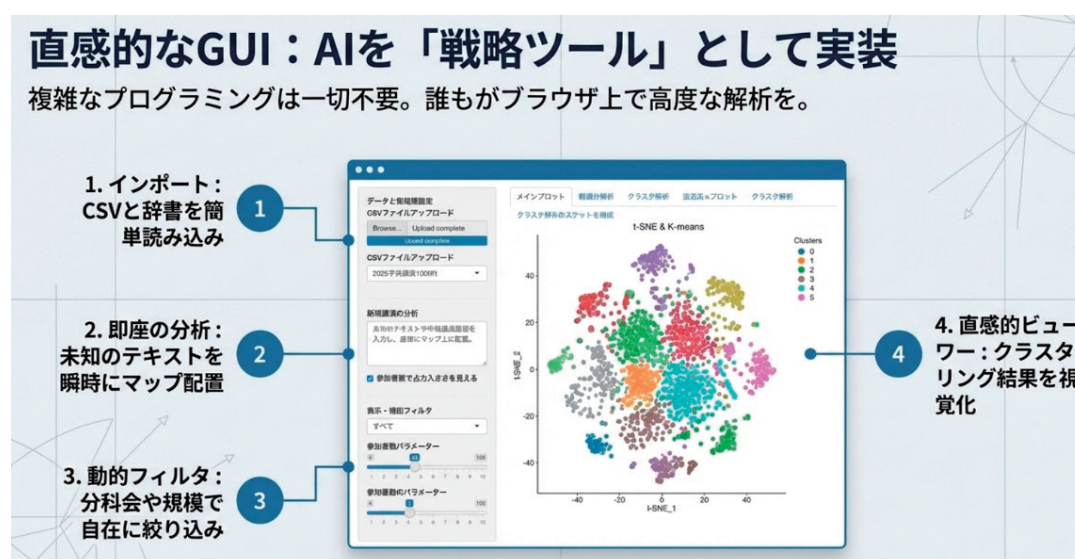


図3 配布版プロトタイプのGUI（Rscript Ver.15.4）

【想定活用シーン】

1. 技術探索：特定分科会（エネルギー・資源等）に絞り込んだトレンド把握
2. 新規講演者の発掘：外部データとJACIデータの照合による有力研究者の特定
3. 知財戦略立案：自社ドメインと周辺技術の境界から、R&Dターゲットを特定

5. おわりに：情報資産活用を次のステージへ

JACIは、学会要旨に留まらず論文やWebデータとの統合を進め、会員企業の皆様と共に「未来の宝の地図」を創り出していく決意です。データ中心・ドメイン特化の潮流をリードし、皆様の研究開発がより豊かな実りを結ぶよう支援を続けてまいります。最後に、システムの開発・監修にあたり、多大なるご指導を賜りました金谷重彦教授（NAIST）に、深く感謝の意を表します。

本アプリケーションへのお問い合わせはchiba@jaci.or.jp宛メールにてご連絡ください

第15回JACI/GSCシンポジウム開催



● HP <https://jaci-gsc.com/15th/>
シンポジウムウェブサイト



於：一橋大学 一橋講堂 (ライブ配信あり)

● プログラム (敬称略)

参加申込受付中 ~6月5日(金)

6月16日 (火)

6月17日 (水)

9:30~ 受付(会場入室)
10:00~ 開会挨拶 森川 宏平
(公社)新化学技術推進協会 会長
10:15~ 基調講演 北川 進
京都大学 理事 副学長 特別教授
11:10~ 招待講演 山中 一郎
東京科学大学 物質理工学院 教授
13:10~ 基調講演 藤垣 裕子
東京大学 大学院総合文化研究科 教授 理事 副学長
14:05~ 招待講演 上垣外 正己
名古屋大学 大学院工学研究科 教授
14:55~ 招待講演 伊丹 健一郎
理化学研究所 伊丹分子創造研究室 主任研究員
15:45~ GSC賞紹介/GSC受賞講演
17:15~ GSC賞表彰式
17:45~ レセプション(一橋講堂 中会議場)

9:15~ 受付(会場入室)
9:30~ JACI事業説明 片岡 正樹
(公社)新化学技術推進協会 事業統括部長
9:55~ 基調講演 木場 祥介
ユニバーサル マテリアルズ インキュベーター(株)
代表取締役パートナー
10:50~ 招待講演 三浦 佳子
九州大学 工学研究院 教授
12:45~ EXHIBITION
(企業団体展示・ポスター発表)
15:50~ 基調講演(対談) 岡野原 大輔
(株)Preferred Networks 代表取締役社長
高桑 達哉
住友電気工業(株)MI/P推進グループ長
16:45~ ポスター賞 受賞者発表
17:08~ 閉会挨拶 葛城 俊哉
(公社)新化学技術推進協会 副会長

編集後記

新緑がまぶしく、初夏の気配を感じる季節となりました。新年度の動きも少しずつ落ち着き、新たな展開に思いを巡らせておられる方も多いのではないのでしょうか。本号では、JACIの新たな試みとして、技術情報資産を

活用し、皆様にもご利用いただく取り組みについてご紹介しています。また6月開催の協会のシンポジウムについてもご案内しておりますので、ぜひ覗いてみてください。



JACIニュースレター

発行 公益社団法人新化学技術推進協会 (JACI)
〒102-0075 東京都千代田区三番町2
三番町KSビル2F
TEL:03-6272-6880
https://www.jaci.or.jp/
https://twitter.com/JACIGSCN2000/
https://www.youtube.com/@jaci1341
編集 JACI 総務部

JACIのGSCネットワークは、次の団体で構成されています。

大分県産業科学技術センター、(地独)大阪産業技術研究所、(国研)科学技術振興機構、(一財)化学研究評価機構、(公社)化学工学会、(一社)化学情報協会、(独研)環境再生保全機構、関西化学工業協会、(一社)近畿化学協会、合成樹脂工業協会、(公社)高分子学会、(公社)高分子学会高分子子同友会、(公財)相模中央化学研究所、(国研)産業技術総合研究所、(一社)触媒学会、(国研)新エネルギー産業技術総合開発機構、(独研)製品評価技術基盤機構、石油化学工業協会、(公社)石油学会、(公財)地球環境産業技術研究機構、(公社)電気化学会、(公社)日本化学会、(一社)日本化学工業協会、日本吸着学会、(公社)日本セラミックス協会、(一社)日本塗料工業会、日本バイオマテリアル学会、(一社)日本分析機器工業会、(一社)日本膜学会、(一財)バイオインダストリー協会、(国研)物質・材料研究機構、(一社)プラスチック循環利用協会、(公社)有機合成化学協会、(国研)理化学研究所

