調査・報告

企業向けエンジニアリングＤＸに関する調査研究

石井　啓貴*　天城　裕子**　木嶋　祐太**　水沼　達郎**　松本　好勝***　大野　宏**

Research Report on Engineering Digital Transformation for Enterprises

ISHII Hirotaka*, AMAKI Yuko**, KIJIMA Yuta**, MIZUNUMA Tatsuro**,
MATSUMOTO Yoshikatsu*** and OHNO Hiroshi**

1. 緒　　言

製造業において，生産性向上を図るうえで，デジタルトランスフォーメーション（DX）の推進は極めて重要である。一方，製造業の生産現場には，デジタル化対応やデジタル技術の利活用，デジタル人材の確保と育成などの課題が指摘されている[1)]。

工業技術総合研究所では，製造業におけるDXの推進に向けた調査活動を令和3年度より行っている。令和3年度では，製造現場でのITシステムの展開を見据えたサンプルアプリケーションを試作した[2)]。

一方，近年では，IT システムの開発環境としての「ノーコード/ローコード」ツールの普及やAI 関連技術の利活用など，エンドユーザーによるシステム開発や，高度なデータ分析を行う環境が整備されつつあり，製造業の生産性向上をもたらす可能性が生まれてきている。

よって今年度は，「ノーコード/ローコード」ツールを調査するとともに，同ツールを活用した製造現場への技術展開を図るための試行実験を行った。また製造現場で収集される系列データの分析を想定し，化学分析データの機械学習による評価を検討したので報告する。

2. 技術動向調査

2.1 「ノーコード/ローコード」

製造業でのシステム開発において，業務を熟知した従業員が主体的に関与するシステム開発が重要となってきている。このような状況の中，「ノーコード/ローコード」ツールが，コードを書くことなく，あるいはコードの記述量を抑えてシステムを簡便かつ迅速に開発するための技術として，DX を推進するうえで有用であるため，注目を集めている。

2.2 市場動向

ガートナージャパン（株）の調査結果によると，2024 年までに世界で開発されるアプリケーションの 65%がノーコードまたはローコードによって開発されると予測しており[3)]，今後「ノーコード/ローコード」の普及拡大が急速に広がっていくと考えられる。

一般社団法人 NoCoders Japan 協会では，関連企業・サービスを一覧化した「ノーコード・カオスマップ」を公開している[4)]。「ノーコード・カオスマップ」には令和 4 年 8 月現在で，約 150 ものアプリケーションが掲載されている。これらのうち，製造業における利活用に関係しそうなアプリケーションについて，製造現場における用途別に分類したものを図 1 に示す。豊富なコンポーネントを有し業務系のアプリケーションを幅広く開発することができる汎用型プラットフォームから，IoT 向けのアプリケーション開発に特化したもの，RPA の開発を得意としたものなど，多く分類される。

2.3 県内企業調査

県内の製造業において，「ノーコード/ローコ

*　中越技術支援センター
**　下越技術支援センター
***　企画管理室

汎用プラットフォーム	データ連携
・業務系アプリケーション等の開発 ・現場使用の小規模アプリから、大規模システム対応まで ○ PowerApps / OutSystems / intra-mart / WebPerformer / GeneXus / Wagby EE　等	・複数の業務システム間のデータをリアルタイムで連携させるツール ・各システム対応の豊富な対応アダプタ ○ DataSpider / Asteria Warp / Magic xpi　等
IoT	BI・見える化
・IoT 向けアプリケーション開発 ・エッジ側およびクラウド側の開発対応 ○ Node-RED / MESH / enebular　等	・データを分析した結果を整えて、グラフなどにビジュアライズして表示 ・データ収集・加工から集計、ビジュアル化まで ○ Pentaho / Grafana / Power BI　等
RPA	グループウェア・WebDB
・画面操作記録型から、複雑作業対応のプログラミング型まで ○ UniPath / Power Automate / WinActor　等	・クラウド型業務アプリ開発プラットフォーム ○ kintone / SmartDB / Salesforce　等

図 1　製造業「ノーコード/ローコード」の分類

コード」の利活用の状況について調査を行った。ロットごとに，現時点で何個の仕掛数があるかを把握するための「仕掛品管理」や，製造現場環境の IoT システムによる「見える化」，業務に関係する統計情報を見える化する「ビジネスインテリジェンス（BI）分野」，基幹業務システムと付加業務向けのシステム間でデータをやり取りする作業の「RPA」による自動処理などで活用されている状況であり，基幹業務システムを補完する領域での活用が多くみられた。

2.4　「ノーコード/ローコード」の適用範囲

「ノーコード/ローコード」は，プログラミングの容易性から，製造現場の部門が現場目線でアプリケーションを開発するアプローチを進めやすいとするメリットがある一方，デメリットとして，基幹システムのように大規模な機能が要求されるシステム開発には適用が困難とされている。

ここで，「ノーコード/ローコード」の適用

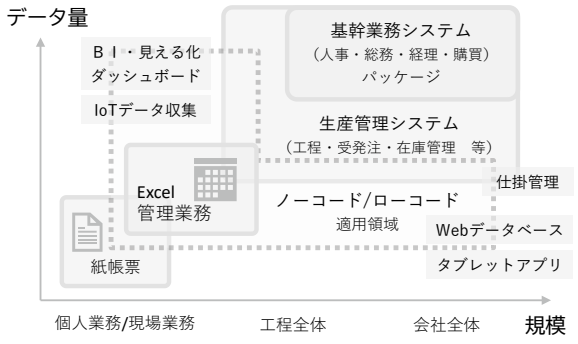

図 2　「ノーコード/ローコード」の適用領域

領域について考察する。製造業における IT に関係する業務を，システムの影響範囲に応じて模式的に配置したものを図 2 に示す。

製造業における日常業務で，経理，購買管理といった企業の業務を扱う基幹業務システムが使われているが，基幹業務システムに組み込まれていない手作業・紙の帳票（いわゆるアナログ作業）で運用している付加的な業務も多数残っている。これらの業務は基幹業務システムに実装・システム化されていないため，基幹システムと，付加的な業務との間にシステム化に関する大きなギャップがみられる。製造業における DX を推進するうえで，このギャップを埋めることが重要であり，「ノーコード/ローコード」ツールでは，このギャップを埋める形での適用が考えられる。

3. 当研究所における取組

3.1　ローコードツールを用いた試験設備の消費電流量の見える化システムの試行

3.1.1　目的

アプリケーション開発の容易さやデータベース管理システムとの連携などの観点から，ユーザー企業が IT 技術を円滑に導入するために「ノーコード/ローコード」ツールの活用が有効と考え，現場での活用を見据えた見える化のシステムを試行した。

製造業の現場での展開可能性を想定し，研究所内で試行実験を行うこととし，設備（振動試験機）の消費電流量をモニタリングし，リアルタイムで監視するアプリケーションの作成を試行した。今回のサンプルアプリケーションの要点は，①データベース管理システムとの連携，②簡便な見える化システムの構築，③ユーザーインタフェースの Web 化，である。

3.1.2　ツールについて

本試行実験では，見える化ツールの「Grafana」を使用した。「Grafana」とは，各種センサや IoT などから取得した情報をブラウザ画面上に

まとめて，可視化・見える化するためのオープンソースのソフトウェアである。「Grafana」は，「MySQL」などのデータベース管理システムや各種クラウドサービスなど，様々なデータソースと連携し，格納されているデータを可視化することができる。

3.1.3　システムの構成

モニタリングの対象は，中越技術支援センターに配備している振動試験機である。振動試験機の消費電流量を一定間隔でデータベース管理システムに自動で記録し，「Grafana」のダッシュボード機能により，消費電流量の推移や時系列データを表示するシステムを試行することとする。システムの全体構成図を図 3 に示す。

3.1.4　エッジ側のシステム

電流量の時系列データを収集するエッジ側の端末は，Windows PC とワンボードマイコン「Arduino」により構成する。振動試験機の配電盤の一次側電源線にクランプ式電流センサを装着する。電流センサの出力電圧から「Arduino」上で電流量を計算する。Windows PC と「Arduino」間はシリアル通信により電流量のデータを PC 上に取得する。

また産業技術総合研究所で開発・配布している「MZ プラットフォーム」を活用して，データベース管理システムにアクセスし，データ入出力するアプリケーションを作成した。

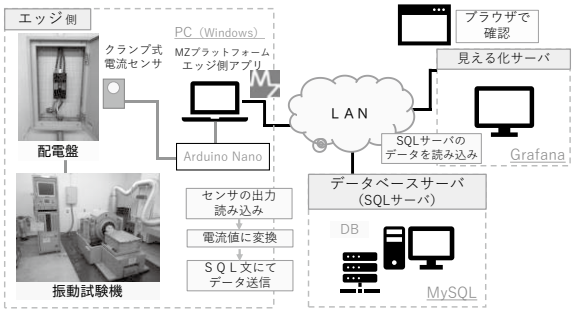

図 3　見える化システムの構成図

3.1.5　サーバ側のシステム

サーバ側のシステムは，消費電流量データを格納するデータベースサーバと，見える化を実現する「Grafana」サーバで構成する。データベースサーバは，オープンソース（OSS）のデータベース管理システムである「MySQL」を使用する。「Grafana」の設定画面において，グラフ表示するダッシュボードを作成する。データソースとなるデータベースのテーブルやカラムの指定を行う。データベース操作を指定する SQL 文の記述を行うことなくノーコードで行うことができる。

3.1.6　試験内容・結果

「Grafana」を活用した振動試験機の消費電流量のモニタリング結果を図 4 に示す。図 4 はある日の振動試験機の起動から終了までを記録したものである。

モニタリング結果は，ブラウザの Web 画面から容易に確認することができる。電流クランプメーターを外付けすることで，配電盤などに流れている電流を計測できるので，機械を改造せずとも，離れた場所から遠隔で機械の稼働情報を定期的に取得することができる。

今回，「ノーコード/ローコード」の見える化プラットフォームを活用した，センサ情報のモニタリングシステムを試行した。見える化ツールやオープンソースソフトウェアのデータベース管理システムを活用し，低コストかつ簡便なシステム構築を行えることが確認できた。

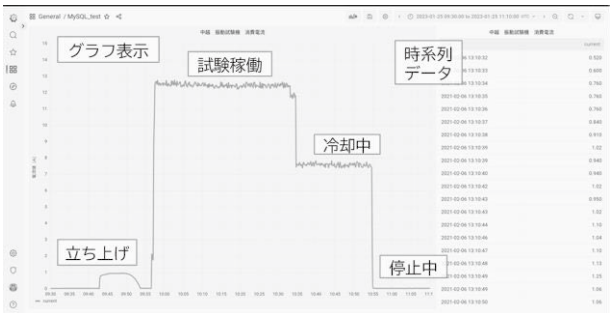

図 4　見える化システムの表示画面

3.2　作業日報管理システム開発の試行実験

3.2.1　概要

多くの製造現場では，業務状況の把握・管理のために，業務日報を作成し報告している。現状においては，紙の帳票管理か，現場にて記載された業務日報を，Excel などのスプレッドシートに転記し電子ファイルとして管理している事例が多く，情報検索やデータ共有の面でデメリットがある。そこで，製造現場での日報を作成する場面を想定し，簡便な作業日報管理システムの構築を目的とし，「ノーコード/ローコード」を活用したシステム開発の試行を行った。

3.2.2　ツールについて

「Power Apps」は，開発者がコードを書かずに短期間で業務アプリケーションなどが開発できる，汎用性の高いソフトウェア開発プラットフォームである。また，ソフトウェア開発者が，業務ニーズに合った様々なアプリケーションを開発できる豊富なツール群を備えている。

3.2.3　システムの構成

製造現場にタブレットなどのモバイルデバイスを導入し，手書きではなくデジタルデータとして直接日報システムへ入力する方法を想定し，図5（a）のとおり，LANに接続したタブレット端末により構成する。

作業日報の情報を入力するアプリケーションは，タブレットのブラウザ画面から，［ユーザー名］や［業務内容］，［作業開始・終了時間］などの必要事項を入力すると，データソースとして，アプリケーションと連携して，クラウド上に格納されたスプレッドシートにデータを記録する。

3.2.4　試験内容・結果

図 5（b）に試行したアプリケーションの入力画面を示す。「Power Apps」によるアプリケーションの開発にあたっては，日報として保存したい情報をスプレッドシートのコラムとして定義し，データソースとして接続すれば，入力フォームを自動的に作成することができ，従来は開発者でなければできなかったアプリケーション開発などを，プログラミングを行わずに，比較的平易に開発できることが確認できた。

（a）システム構成　　（b）アプリ画面

図5　システム構成とアプリ画面

3.3　IoT ツール MESH の試行実験

3.3.1　MESH とは

「MESH」は，ソニー株式会社が開発したIoTツールで，教育向けプログラミング教材として用いられている他，DX 人材の育成などに用いられている。MESH ブロックと呼ばれるボタンや人感センサーといった各モジュールが用意されており，これらを非常に簡単なグラフィカルプログラミングソフトウェアを用いて操作することができる。MESH ブロックを図 6 に示す。今回, 当研究所において，湿度モニタリング用途に試行実験を行った。

3.3.2　湿度モニタリングシステムの構成

湿度モニタリングシステムを構築するにあたっては，温度・湿度ブロックと LED ブロックを用いた。これらを湿度モニタリングを行いたい実験装置の周辺に配置し，Bluetooth 接続でノートパソコン上に MESH プログラムを作製した。一定の時間間隔で湿度の測定を行い，湿度が設定値以上になるとLEDブロックが点灯して知らせるようなシステムとした。

3.3.3　試行実験結果

今回，測定した湿度モニタリングの結果を図7に示す。その結果，実験装置周辺では空調設

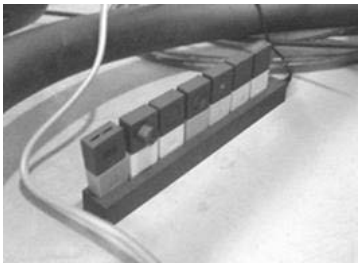

図 6　MESH ブロック

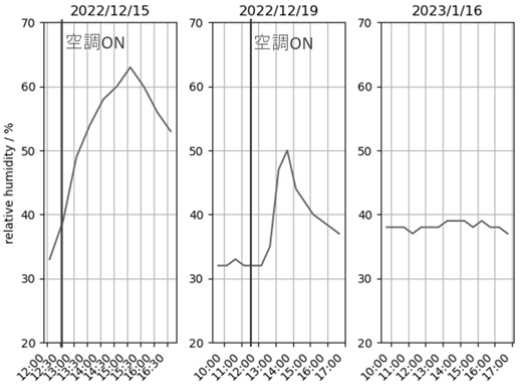

図 7　湿度モニタリングの結果

備を起動したときに急激な湿度変動が生じていることが分かるなど，見える化の構築につながった。MESHのような「ノーコード/ローコード」を用いることで，任意の設定湿度に達したらメールで知らせることもできるほか，測定時間も任意で設定できるなど，測定条件をフレキシブルに変えられることが有用であった。今回のように本格的な設備導入が必ずしも必要でない場合に，「ノーコード/ローコード」は迅速に任意のプログラムを組み，目的を達成することができる有用な手法と考えられる。

3.4　機械学習を用いた FT-IR スペクトル解析

3.4.1　概要

製造現場では系列データが多く存在するが，これらのデータの高度な分析と利活用，付加価値の向上につなげることが課題となっている。今回，赤外分光分析（以下 FT-IR）スペクトルを題材とし，機械学習を活用したデータ解析について取り組むこととした。

FT-IR は主に樹脂，ゴム，食品などの有機物を対象とした分析手法である。対象が広い，分析が簡便，非破壊で可能などの利点を持ち，当研究所では依頼試験，機器貸付において広く利用されている。得られたスペクトルの解析は装置付属ソフトウェアの検索機能で一致度の高い物質を探していく手法が一般的に行われる。しかし，異物など未知サンプルのスペクトルデータは混合物のデータとして取得される場合が多い。装置付属の検索ソフトウェアでは単一成分でないと該当成分が一致しないことが多く，比較品の入手が不可の場合，測定者の知見に基づく逆引き検索や，複数データを取得後に手作業で差をとり，差分データで改めて解析を行うなどの方法で対応する必要がある。図 8 にソフトウェア検索と人間の解析結果の比較を示す。主成分は検索でヒットするが，微小ピークに着目した候補物質のピックアップには人間の手作業を要することがわかる。また，酸化・劣化やモルフォロジの変化でもスペクトルデータの形状は変化するが，そのようなデータはデータベースに登録がない場合がほとんどで，こういった場合にも解析には測定者の経験を要する。そこで，これらの作業の効率化のため機械学習を用いた解析方法について検討した。

3.4.2　Python SparseCoder による分離テスト

混合データの分離手法としてスパースモデリングの適用を検討した。スパースモデリングは，入力データをなるべく少ない辞書用データの組み合わせで表現する手法で，音源分離などの分野で用いられている。

FT-IR スペクトルデータは解析ソフトで CSV 形式に変換し，各種作業を行った。製品や標準品などのラベル付けをした実測定サンプル約 700 点を辞書用データとし，scikit-learn ライブラリの SparseCoder を用いて分離を試みた。SparseCoder の計算用のアルゴリズムで，デフォルトの OMP は小さくても鋭いピークをよく拾う傾向，Lasso-lars はブロードなピークも含めてスペクトルの全体的な形状に合わせこむ傾向が

みられた。FT-IR のスペクトルデータの処理に関しては Lasso-lars のほうが適していると思われる。図 9 はシリコーンと炭酸カルシウム，カオリン，テフロンを混合したテストデータで評価を行った結果である。混合元に近い物質を返すことが確認できた。

3.4.3 Python SparseCoder による分離テスト 2

前項のテストでは主成分，すなわち強度の大きいピーク成分について類似の物質が重畳する結果を返す傾向がみられた（図 9 でのシリコーン系とテフロン系など）。その一方で，特徴ピークが微弱な物質に関しては検出しない傾向を示しており，精度向上のための課題となっている。

前項の約 700 から 5000 程度まで辞書データの拡充を試みたが，主成分の物質が重畳する傾向には変化がみられなかった。また，別手法でスペクトル全体ではなくピーク位置と強度，半値幅のリストを検出，同様にスパースコーディングを行ったが，逆に精度が落ちる結果であった。有機物は炭化水素由来の部分などで似たような位置にピークを持つ物質が多く，この頻出部分のピークが強い物質が混合物の要素として判定され，それに伴い誤差が大きくなっていると思われる。

精度向上のためには微弱な特徴ピークの抽出が必要と思われるため，いくつかスペクトルデータの前処理の検討を行った。ベースライン補正と，類似物質スペクトルデータからの差分の抽出結果をそれぞれ図 10 および 11 に示す。図 10，11 の太矢印で示す箇所が補正で抽出されたピーク部分である。ベースラインはパラメータを適当に設定した Asymmetric Least Squares Smoothing 法，差分抽出は対象物質と類似物質のスペクトルを任意の範囲で区切って類似度計算をし，元のスペクトルに係数をかけたものである。いずれも処理には python を用いた。これら処理後のデータを用いた解析については今後の検討課題である。

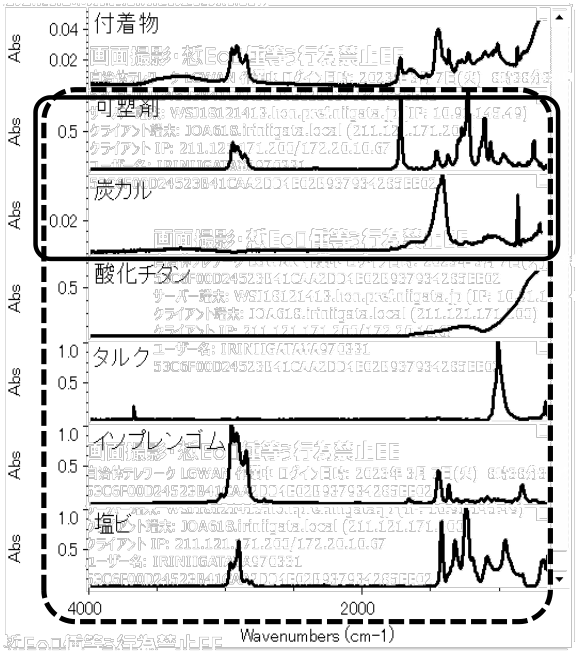

図 8　混合物スペクトルと候補物質
（実線：検索ソフト，破線：測定者作業）

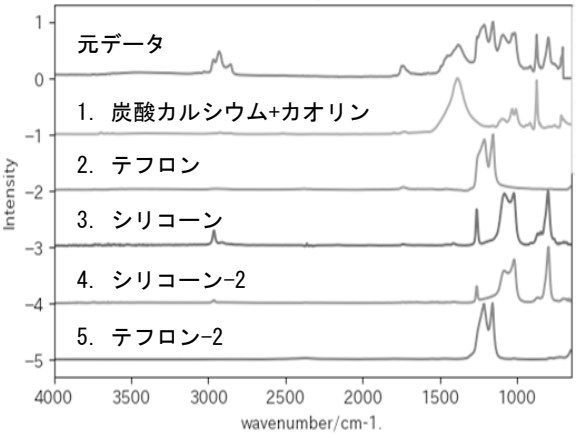

図 9　スパースコーディング結果

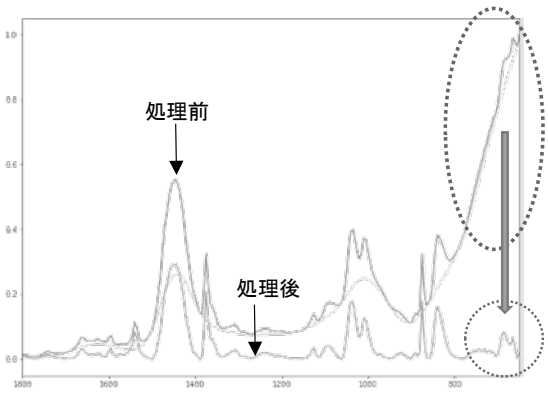

図 10　ベースライン補正

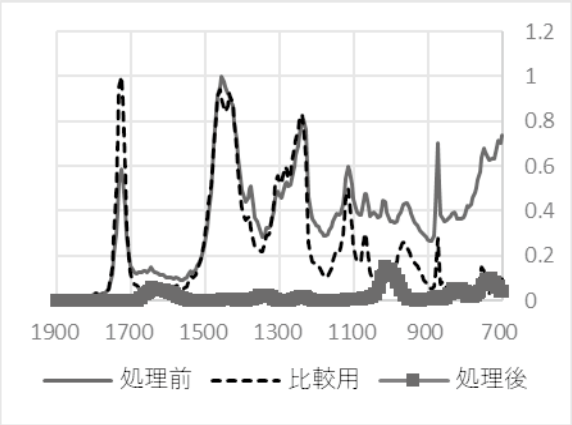

図 11　比較用データとの差分抽出

4. 遠隔操作システム

4.1　遠隔操作システムの導入経緯

新型コロナウイルス感染禍において，感染リスク低減のためデジタル技術を活用した Web 会議やリモートワークが急速に普及している。大学においては，大学の枠を超えた設備ネットワークを構築し，遠隔地にある大学の設備を同レベルの環境で利用できる体制の構築が進められている。

当研究所においても，令和 3 年度 9 月補正事業「ポスト・コロナに向けたものづくり支援体制整備事業」で遠隔操作システムが予算化されたため，そのシステムの構築に着手した。

4.2　遠隔操作システムの概要

今回，各技術支援センター間を接続する研究機器の遠隔操作専用の VPN を新たに構築した。また，ネットワーク構築に必要な通信機器や通信網，ソフトウェアを整備することにより各技術支援センターからの遠隔操作に対応できる。

現在，X 線光電子分光分析装置，ファインバブル径測定システムの解析用端末，走査型電子顕微鏡を対象として，遠隔操作の試行実験を行っている。今後，対象機器の拡大など検討を行い，運用開始に向けて準備を進めていくこととする。

5. 結　　言

(1)「ノーコード/ローコード」開発ツールの普及により，製造現場での作業者主導のシステム開発が進むことが予想される。

(2) 製造現場への展開を想定した試行実験として，試験機の稼働状況の見える化，作業日報管理アプリ，IoT ツールによる見える化の試行を行い，県内企業への活用可能性について検討した。

(3) FT-IR のスペクトルデータ解析について，機械学習を用いた解析方法を検討した。

(4) 当所の試験研究機器の遠隔操作システムの構築について準備を進めている。

参考文献

1) 2021 年版ものづくり白書，経済産業省，2021，pp.110-169

2) 石井啓貴ほか，“企業向けエンジニアリング DX に関する調査研究”，工業技術研究報告書，新潟県工業技術総合研究所，No.51，2022，pp.113-117.

3) 日経 XTECH，https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01909/122400003/，令和 5 年 3 月 31 日

4) 一般社団法人 NoCoders Japan 協会，https://no-coders-japan.org/nocode-chaosmap-2，令和 5 年 3 月 31 日