ISSN 0915-2318　平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和元年7月1日発行　毎月1回1日発行　第31巻第7号（通巻364号）

NTT技術ジャーナル

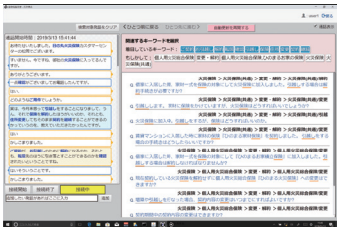
デジタルトランスフォーメーションの未来を切り拓く先進的メディア処理技術——コンタクトセンタAI

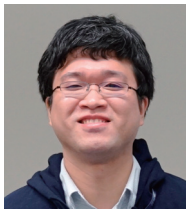
Artificial Intelligence
Digital Transformation
Natural Language Understanding
Machine Reading Comprehension
VoiceRex®
Interactive Voice Response
Deep Learning
Customer Experience
Dialogue Understanding
Speech Recognition
Frequently Asked Questions Search
Contact Center
Computer TelephonyIntegration
corevo®
Deep Neural Network

■グループ企業探訪
NTTワールドエンジニアリングマリン

7
2019
Vol.31 No.7

特集　デジタルトランスフォーメーションの未来を切り拓く先進的メディア処理技術――コンタクトセンタAI …… 4





コンタクトセンタAIの先進的取り組み …… 6

進化を続ける音声認識エンジン「VoiceRex®」…… 9

機械読解による自然言語理解への挑戦 …… 12

オペレータの応対を支援する自動知識支援システム …… 16

主役登場　西田　京介（NTTメディアインテリジェンス研究所）…… 20

from ★NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル

O-RAN Alliance標準化動向 …… 21

グループ企業探訪

NTTワールドエンジニアリングマリン株式会社 …… 28

NTTグループ唯一の海洋エンジニアリングで
これからのIoT時代の発展を支える

グローバルスタンダード最前線

■第22回世界電気通信標準化協調会議
（GSC-22）報告 …… 32

テクニカルソリューション

■自動判定機能を備えた接地設備評価
シミュレータの導入 …… 34

Focus on the News …… 38

NEWS …… 43

特許紹介 …… 44

イベント …… 49

読者の声 …… 50

８月号予定

編集後記

本誌掲載内容についての
ご意見，ご要望，お問い合わせ先
一般社団法人電気通信協会内
NTT技術誌事務局
TEL （03）3288-0608
FAX （03）3288-0615
E-mail jimukyoku2008@tta.or.jp

本誌ご購読のお申し込み，
お問い合わせ先
一般社団法人電気通信協会
ブックセンター
TEL （03）3288-0611
FAX （03）3288-0615
ホームページ http://www.tta.or.jp/

■企画編集 日本電信電話株式会社
〒100-8116 東京都千代田区大手町1-5-1
大手町ファーストスクエア イーストタワー
NTTホームページ URL http://www.ntt.co.jp/

■発　行 一般社団法人電気通信協会
〒101-0003 東京都千代田区一ツ橋2-1-1
如水会ビルディング6階
TEL (03)3288-0608 FAX (03)3288-0615
URL http://www.tta.or.jp/

©日本電信電話株式会社 2019
●本誌掲載記事の無断転載を禁じます●
※本誌に掲載されている社名，製品およびソフトウェアなどの名称は，各社の商標または登録商標です．

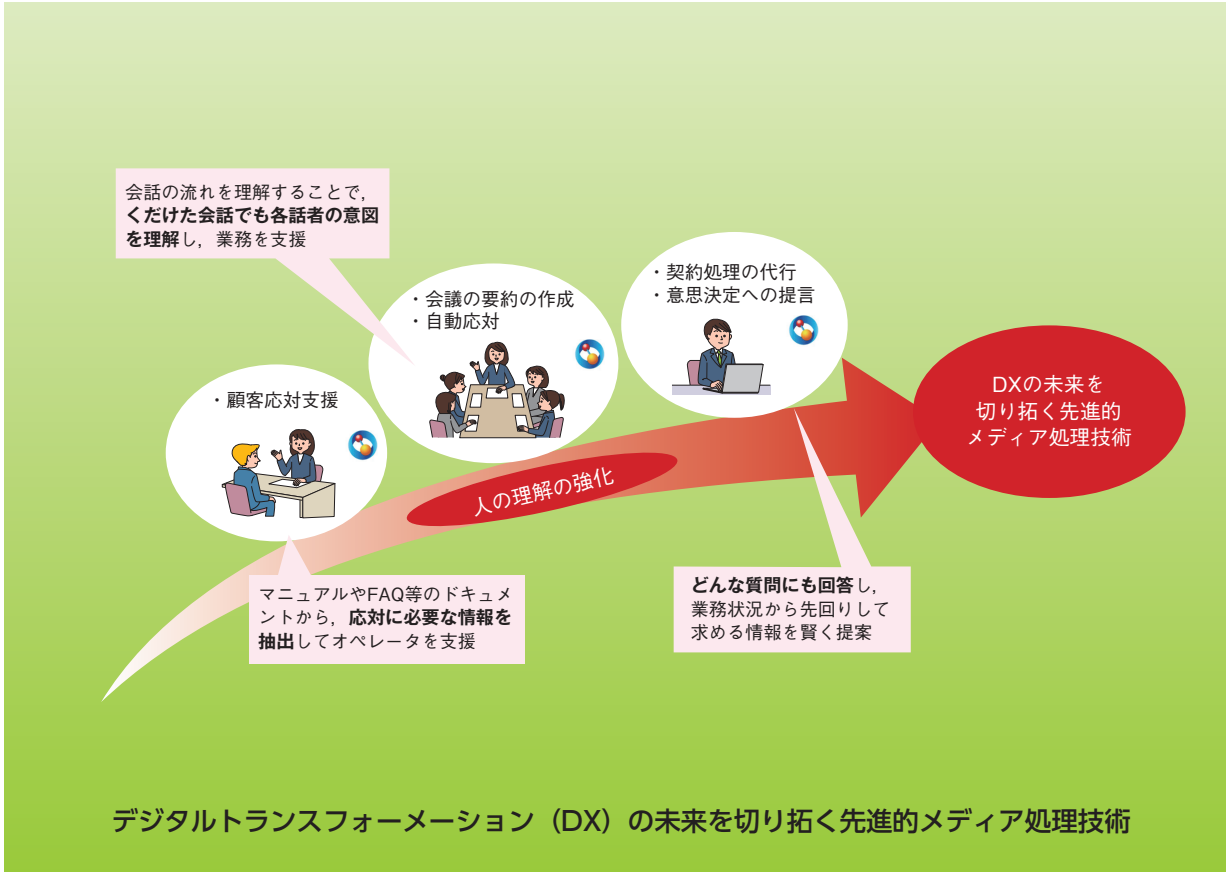
■表紙デザイン：高橋デザインルーム

特　集

デジタルトランスフォーメーション先進的メディア処理技術

AI　コンタクトセンタ　音声認識　深層学習　FAQ検索

近年，ICTによって既存の仕組みを変革して業務の効率化や新しい価値の創出を行うデジタルトランスフォーメーション（DX）に大きな期待が寄せられている．効果的なDXの実現においては高度なAI（人工知能）技術が必要であり，具体的には，音声処理や自然言語処理といったメディア処理に基づくAI技術が必須となる．本特集では，コンタクトセンタのDXを事例として，NTTにおける先進的なAI技術の研究開発について紹介する．



メーションの未来を切り拓く——コンタクトセンタAI

■ コンタクトセンタAIの先進的取り組み 6

音声・自然言語処理技術を活用した，コンタクトセンタのさまざまな課題を解決するための最新技術について紹介する．

■ 進化を続ける音声認識エンジン「VoiceRex®」 9

音声認識エンジン「VoiceRex®」の歴史，および最新のエンジンに導入されているコンタクトセンタでの活用が期待される技術について紹介する．

■ 機械読解による自然言語理解への挑戦 12

マニュアルに書かれた業務知識を理解し，お客さまの言葉を理解して質問に適切に応答するエージェントの実現をめざして研究開発を進めている機械読解技術について紹介する．

■ オペレータの応対を支援する自動知識支援システム 16

業務経験の浅いオペレータを支援するために，応対中のオペレータに適切な情報（知識）を自動的に提示する自動知識支援システムを紹介する．

主役登場 西田　京介（NTTメディアインテリジェンス研究所） 20

機械読解のState of the Artをめざして

コンタクトセンタAIの先進的取り組み

コンタクトセンタは，多くのお客さまの声が集まる顧客接点としての重要性が増しています．NTTメディアインテリジェンス研究所では，AI（人工知能）の適用先に，コンタクトセンタを注力分野の1つとして研究開発を進めています．本稿では，私たちが長年培ってきた音声・自然言語処理技術を活用した，コンタクトセンタのさまざまな課題を解決するための最新技術について紹介します．

たなか　きみひと†1　やぎ　たかし†1
田中　公人　/八木　貴史
いいづか　てつや†2
飯塚　哲也

NTTメディアインテリジェンス研究所†1
NTTメディアインテリジェンス研究所　所長†2

はじめに

第三次AI（人工知能）ブームが産業界で本格化してから3年以上が経過し，さまざまな分野でAIの実利用が始まっています．NTTグループでは2016年6月にAIブランドcorevo®を発表しさまざまな取り組みを進めています[(1)]．第三次AIブームをもたらした主要な技術は，機械学習，とりわけ深層学習（ディープラーニング）であることは疑いようがありません．深層学習は基本技術としてさまざまな問題に適用することができますが，単に適用するだけでは実際のビジネスで利用できるだけの性能が得られないことがほとんどです．適用する問題に特化したネットワークモデルを創出し，適切なデータを用いて学習することで，初めて実利用に足りる性能を発揮することができます．

初期のAIの議論に汎用型AIと特化型AIというものがあります．汎用型AIは人間の頭脳のように1つのAIであらゆる問題を解こうとするものですが，まだまだ実現には遠い状況です．一方，特化型AIは特定の問題のみを解くことができるAIで，現在のAIはすべて特化型といえます．問題を特化することで，人間並，あるいは人間以上の性能を発揮するまでになってきています．つまり，現在のAIをうまく使っていくには，適用分野を定めて，問題に適応していくことが重要になります．

NTTメディアインテリジェンス研究所では，AIの適用先としてコンタクトセンタを注力分野の1つとして研究開発を進めています．コンタクトセンタは多くの電話やチャット応対が日々行われ，多くのナレッジ検索や通話分析が行われています．つまり，私たちが長年培ってきた音声・自然言語処理技術を活かすことができるフィールドの1つといえます．NTTグループには多くのコンタクトセンタがあり，技術をブラッシュアップするための多くのフィールドとデータが存在します．これらの蓄積と環境を活かして，実ビジネスに適用可能な技術の創出をめざしています．

コンタクトセンタの課題

コンタクトセンタは，お客さまへの対応業務を電話，電子メール，チャットなどのさまざまなチャネルを通じて行うことを専門とする部署です．もともとは，申込受付やお客さまサポートを行う運営拠点として位置付けられていましたが，近年のビジネス環境の変化により，多くのお客さまの声が集まる顧客接点としての重要性が増しています．国内コンタクトセンタを取り巻く環境は，深刻化する人手不足に悩まされており，オペレータの採用や定着化が大きな課題となっています[(2)]．また，応対品質，すなわちCX（Customer Experience）の向上も同時に求められており，特に人の入れ替わりの激しいセンタでは，少ない人数・初級者の多いメンバという限られた運営リソースの中，いかにCXを高めるかがコンタクトセンタ・マネジメントにおける大きな課題となっています．

コンタクトセンタにおけるAI

コンタクトセンタには，IVR（Interactive Voice Response），CTI（Computer Telephony Integration），ナレッジシステム，CRM（Customer Relationship Management）など，多くのITシステムが導入されています．AIはこれらのシステムを高度化するとともに，新たな機能を提供し，さらなる運営の効率化やCX向上を図ります．

コンタクトセンタにおけるAIの代表格として，音声マイニング技術が挙

げられます．音声マイニング技術は，深層学習の適用による音声認識精度の飛躍的な向上により，実用の領域に入り，コンタクトセンタにおいてもっとも導入が進んでいるAIの１つです．NTTでは，NTTテクノクロスを通じて，音声マイニング技術（ForeSight Voice Mining: FSVM[(3)]）の商用展開を行っています．音声マイニング技術は，「通話音声を音声認識によりテキスト化」し，「大量通話の中からコンタクトセンタ運用の課題やその解決方法のヒントを得るための統計分析・見える化」を実現します[(4)]．統計分析を行うことで，例えば高スキルオペレータの応対ノウハウを抽出し，センタ内に水平展開して全体のスキル向上を図ったり，センタ全体の統計情報を一覧表示することで，異常な事象（例えば，特定内容の問合せの急増）を即座に把握することができます．また音声がテキスト化されているので，通話が終わった後に会話の詳細を素早く見直すことができ，応対履歴の投入作業が早く・正確に行えるようになります．これらの機能はすでにNTTグループ内外のさまざまなコンタクトセンタで活用されており，業務効率化や売上向上などの成果を達成しています．

音声マイニング技術の構成例を**図**に示します．音声マイニング技術では，入力された通話音声データに対して音声認識が行われ，その結果は通話分析部にてアナリストが所望する分析に利用されます．音声マイニングは，コンタクトセンタにおけるAIのプラットフォーム的な役割を担い，他のAIモジュールを追加することによって音声認識結果をより高度に活用する機能を追加できます．NTT研究所では，音声通話から感情などのテキスト以外の情報を抽出するAIの研究開発を行っています．これらのAIにより音声認識部を拡張することで分析の幅を広げることができます．また，オペレータの応対支援に向けて，音声認識結果のテキストを用いてナレッジ提示や生成を行うAIの研究開発を進めています．これらのAIは，音声マイニング技術をプラットフォームとして活用して構築できるように構成されています．これにより，早期にコンタクトセンタの現場で動作させることが可能になっています．

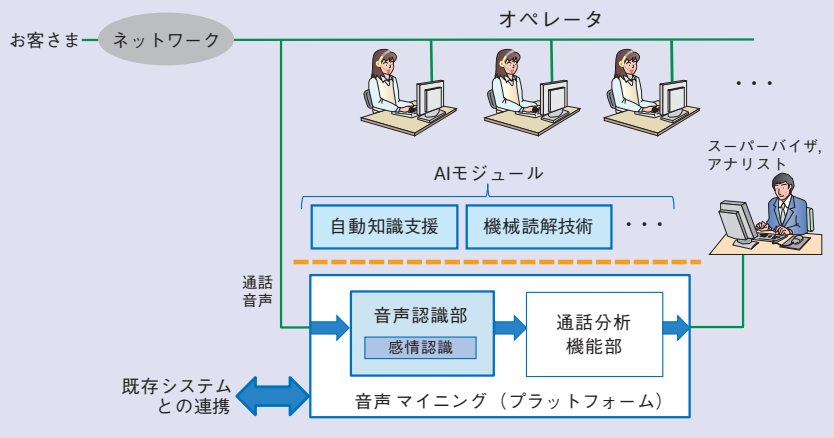


図　音声マイニング技術の構成例

さらなる高度化に向けて

音声マイニング技術の商用展開を通じて，新たな課題がみえてきています．

① お客さま音声の認識精度のさらなる向上
② 音声認識結果を活用したさらなる価値創造
③ 導入時のAIチューニング等のコスト削減・時間短縮

現在，コンタクトセンタにおけるオペレータ音声の認識精度は90%を超えます．しかしながら，お客さま音声の認識精度はこれよりおおむね10ポイント程度低くなります．お客さま音声は，話す場所によっては背景ノイズが大きく，携帯電話であれば符号化による音質劣化などがあります．また，オペレータと比較すると発声が不安定で話し方もくだけており，音声認識にとって困難な条件が多くなります．現在のお客さま音声の認識精度は，認識結果を人間が見て理解するという用途や，単語レベルの統計分析を行うなどの用途では利用可能なレベルにあるといえます．しかしながら，認識結果テ

キストをナレッジ検索や生成など，高度に活用していくためには，より正確な認識が求められています．本特集記事『進化を続ける音声認識エンジン「VoiceRex®」』では，①を解決するための最新技術について紹介します．

音声マイニング技術の導入に伴い，音声認識結果をより高度に活用した，さらなるオペレータの支援の高度化やコスト削減の要望が増しています．②に対して，NTT研究所では，オペレータ応対に必要なナレッジの獲得を容易にするナレッジ支援に関する研究開発に力を入れています．

本特集記事『機械読解による自然言語理解への挑戦』では，質問に対する答えをマニュアルなどから導き出す技術について紹介します．コンタクトセンタで用いられるナレッジには，FAQ (Frequently Asked Questions)，マニュアル，約款などがありますが，FAQが十分に整備されていないコンタクトセンタが少なからず存在します．機械読解は，FAQ検索のように事前に質問と回答のペアを準備する必要がなく，ナレッジ整備コストの削減が期待されます．また，オペレータへのインタビューによると，「普段から研修などで使っているマニュアルのほうがFAQよりも慣れていて使いやすい」「FAQに記載のない問合せは，結局マニュアルを見なくてはいけない」といった意見もあり，オペレータの利便性という観点でも期待が高まっています．

本特集記事『オペレータの応対を支援する自動知識支援システム』では，音声認識とFAQ検索の連携により，適切なタイミングで適切なFAQを，オペレータが応対中に自動提示する自動知識支援に関して紹介します．自動知識支援はオペレータがナレッジを調べる時間を削減します．また，音声認識結果を用いたFAQ整備作業の効率化に関する取り組みについても合わせて紹介します．

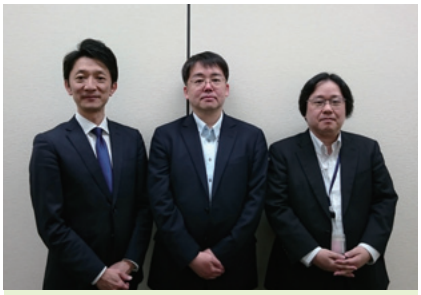
音声認識などのAIは，適用する現場ごとにチューニングを行うことで精度を高めることができますが，特に小規模なコンタクトセンタなどへの導入に向けては，チューニングに必要となるコストの削減，時間の短縮が重要となります．③について，NTT研究所では新技術創出による精度向上と合わせて，ベースとなるAIモデルの強化による現場ごとのチューニング作業などの軽減にも力を入れています．これまでに，通話音声などの学習用データを大量に収集し，音声認識やナレッジ検索の業界別ベースモデルを作成しています．業界別ベースモデルを構築した主要な業界では，少ない学習データで追加学習するだけで，短時間・安価に高い精度を実現することができるようになっています．

AIの利用シーン拡大に向けて

深層学習の出現やコンピュータの性能向上による大量データ学習等により，音声認識や自然言語処理の精度は飛躍的に向上し，ビジネス現場への普及が拡大しつつあります．今後は，本稿で紹介した技術をはじめ，さまざまなメディア処理技術を活用してパートナー様とビジネスにおける成功事例を積み上げるとともに，AIの利用シーン拡大に向けてさらなる革新的な技術の研究開発を推進していきます．

■参考文献

(1) http://www.ntt.co.jp/corevo/
(2) 月刊コールセンタジャパン編集部：“コールセンタ白書2018,” リックテレコム，2018.
(3) https://www.ntt-tx.co.jp/products/foresight_vm/
(4) 河村・町田・松井・坂本・石井：“コールセンタにおけるAIの活用,” NTT技術ジャーナル，Vol.28，No.2，pp.35-37，2016.



（左から）飯塚 哲也/ 田中 公人/
八木 貴史

新しい技術は時として既存の手段よりも劣っている部分が目につくことがありますが，うまく使いこなした企業は，技術の進化とともに競争優位を獲得します．ぜひコンタクトセンタAIをご活用ください．

◆問い合わせ先
NTTメディアインテリジェンス研究所
知識メディアプロジェクト
TEL 046-859-5305
E-mail kimi.tanaka@hco.ntt.co.jp

進化を続ける音声認識エンジン「VoiceRex®」

コンタクトセンタ向けのAIを支える基盤技術の１つに音声認識があります．今や多くの場面で利用されるようになり，ビジネスをさまざまなかたちで支えています．その研究開発の歴史は長く，さまざまな技術を積み重ね，現在の水準に至っています．NTTメディアインテリジェンス研究所で開発する音声認識エンジン「VoiceRex®」の歴史を軸にこれらを紹介し，最新のエンジンに導入されているコンタクトセンタでの活用が期待される技術について紹介します．

大庭 隆伸（おおば たかのぶ）/田中 智大（たなか ともひろ）
増村 亮（ますむら りょう）
NTTメディアインテリジェンス研究所

音声認識エンジン「VoiceRex®」の歴史

コンタクトセンタ向けのAIを支える基盤技術の１つに音声認識技術があります．音声認識技術とは入力信号の中に含まれる音声をテキスト化する技術です．NTT研究所における音声認識の研究開発の歴史は長く，半世紀程度に及びます．NTTメディアインテリジェンス研究所では，こうした長年にわたる研究成果を基に，幅広いサービス分野に適用可能なものとして音声認識エンジン「VoiceRex®」を開発し，グループ各社に提供しています．

音声認識をコンタクトセンタ通話の分析に用いるというアイデアは研究開発の当初から存在しました．当時のレベルでは夢のまた夢でありましたが，何十年後かに到達すべき目標でもありました．VoiceRex®（の前身となる音声認識ライブラリ）は，1990年代に入って初めてリリースされましたが，当時のものはキーワードを認識することしかできないものでした．それから現在のように会話等の長い発話が認識可能になったのは2000年のことでした．とはいえ，その性能は人間どうしの会話を認識しようとしても到底正しく認識できないレベルでした．新聞のような書き言葉を，はきはきとした口調で読み上げたような音声でなければ正しく認識できず，認識可能な単語数も極めて限定的でした．

そこから「VoiceRex®」は何段階かの技術革新を経て，性能が飛躍的に向上してきたという経緯があります．まず2008年，日本で初めてのWFST（Weighted Finite State Transducer）と呼ばれる技術を採用しました．従来よりも約100倍の言葉を覚えられるようになり，およそ1000万語の中から最適な単語を選ぶことが可能になりました．この進化は2009年の衆議院での議会録作成システムへの採用につながりました．議会は１人がしゃべる一問一答形式であり，こういう場では90%程度の高い認識性能を達成することができました．本会議場や各委員会等で，人手で行う速記に代わるものとして存在を知らしめることになったのです．

その後も，音声データベースの拡張と整備の進展や，計算機能力の向上を背景とした大規模なデータベースを効果的に活用する技術の創出などがあり，音声認識の性能は徐々に向上を続けていきました．そして，コンタクトセンタの通話の音声認識はいよいよ現実の問題設定となり，2014年，NTTソフトウェアから「ForeSight Voice Mining」*というコンタクトセンタ向けの製品が発表されることになりました．

さて，その数年前，音声認識の研究者コミュニティの中では，ある技術が注目を集めていました．深層学習（ディープニューラルネットワーク）の登場です．深層学習は音声認識にとって大きなパラダイムシフトとなりました．音声信号，すなわち空気振動を「あいうえお」という音の並びに直す音響モデルの性能が極めて高まり，これにより通話の認識率も飛躍的に向上しました．深層学習を採用したVoiceRex®は2014年に商用リリースされています．さらに2015年にニューラルネットワークの一種CNN-NIN（Convolutional Neural Network – Network In Network）を採用し，騒がしい公共エリアでモバイル端末を使った音声認識を行う，「CHiME3」という技術評価国際イベントで参加研究機関中１位を獲得しました．スマートフォンの普及により，外で電話をする機会が増えましたが，そうした人混みなどの周囲雑音がある音声信号に対しても精度良く認識ができるようになりました．

＊ ForeSight Voice Miningは現在NTTテクノクロス株式会社より販売されています．

こうした技術革新を経て音声認識の用途は急速に拡大しました．今やVoiceRex®は多くの商品・サービスで利用されています．特にコンタクトセンタ向けAI関連の商品導入事例は急速に数を増やしており，音声認識を用いた商品・サービスの中でも中核的な存在になってきています．

一方，数多くのお客さまにご利用いただくことで，新たな課題も生まれてきています．その１つは話題の多様性です．現在の音声認識技術では，入力される通話の話題が既知であると精度面では有利に働きます．例えば，電話窓口を提供している企業ごとに取り扱っているサービス名は違っています．また，同じ会社の電話窓口でも入会・退会を受け付ける窓口，苦情を受け付ける窓口，技術的な質問に答える窓口などに分かれています．そのため，現状では会社ごと，もしくはコンタクトセンタの単位で，話題に関するモデル（言語モデル）を個別にチューニングする作業を行っています．

もう１つの課題は，話の流暢さへの対応です．人間どうしの会話では明確に発音しないという現象が頻発します．例えば，文末の「～します」をアルファベットで書くと「shimasu」ですが，「shim」くらいまでは発音するが，残りの「asu」は音はあるもののはっきりとは発音されず，リズムだけ表現するといったことが頻発します．こうした音の不明瞭さ（場合によっては発音をしていない現象）に対しては，言葉の文脈的な観点から予測するような枠組みが必要になります．以降では，最新版VoiceRex®に搭載されている，これらの課題を克服するための新しい技術について紹介します．

会話コンテキスト言語モデル

言語モデルとは単語のつながりを予測するモデルです．直感的には文が日本語として正しいかどうかを判定するといった役割を果たします．音声認識エンジンには，ある単語は直前のN-１個の単語に依存すると考えてモデル化を行うN-gram言語モデルと呼ばれる確率モデルが利用されています．Nが大きいと単語の組み合わせが爆発的に増加することからNはたかだか３～４程度です．そのため，局所的なコンテキスト（文脈情報）のみを考慮したモデル化となってしまっています．短い発話であればN-gram言語モデルでも十分ですが，発話が長くなればなるほど，より長いコンテキストを考慮することが必要になるのです．

そこで近年，ニューラルネットワークを用いた言語モデルが注目を集めており，特にリカレントニューラルネットワーク（RNN）言語モデルと呼ばれる長距離のコンテキストを扱うことが可能なモデルが注目を集めています．音声認識で用いる際は，一度音声認識をして得られた複数の音声認識結果候補の文に対して，RNN言語モデルで算出したスコアを加味することで，最終的な認識結果文を決定するという使い方をします．これをリスコアリング法と呼びます．

さて，RNN言語モデルの問題点の１つは発話単位のコンテキストの利用にとどまっている点です．コンタクトセンタの通話では，発話をまたぐコンテキストの利用は極めて重要です．例えば，オペレータがお客さまの問合せに対して回答することを考えると，その回答内容はお客さまの問合せ内容に関連する内容のはずです．そこで私たちはそのような発話をまたぐ長期的なコンテキストを考慮した，会話コンテキスト言語モデル技術[1]を開発しました．実際に音声認識する際には，逐次的に前の発話の音声認識結果をコンテキストとして利用します．VoiceRex®では，会話コンテキスト言語モデルを発話ごとにリスコアリング法により適用することで，より良い文（正解に近い文）を選び直しながら，それをコンテキストとして与え，次の発話の音声認識を行うことができる実装になっています．そのため，各発話の入力ごとに，会話コンテキスト言語モデルの恩恵が得られるのです．

ニューラル誤り訂正言語モデル

話の流暢さにより明瞭に発音されない音があることは述べましたが，そこには一定の傾向があります．前述のような「～します」といった文末表現，助詞，「ありがとうございます」といった頻出表現などで多くみられ，それぞれで音声認識は毎回同じような誤りを起こしてしまいがちです．発音のあいまいさに起因する事象以外にも，頻出の誤りパターンがいくつか存在します．こうした誤りの偏りを見つけて，まるごと修正するアプローチを誤り訂正と呼びます．

私たちはRNN言語モデルに対して音声認識誤りを考慮できる枠組みを取り入れたニューラル誤り訂正言語モデル技術[2]を開発することで，認識精度の向上に成功しました．具体的にはEncoder-Decoderモデルと呼ばれるニューラルネットワークを導入し，音声認識誤りを含む音声認識結果から正解文を推定するといった機構を与えました．ニューラル誤り訂正言語モデルの学習には，一度音声認識して得られた音声認識誤りを含む文と，それに対応する正解文を用意して，前者と後者の関係を学習させます．これにより誤りの傾向とそれを修正する方法を同時に獲得できるのです．

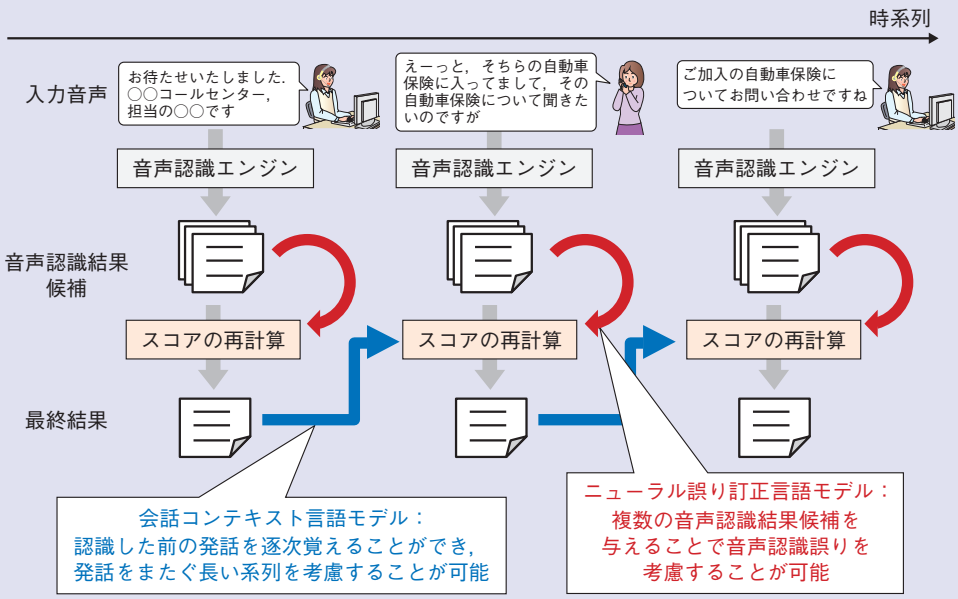


図　会話コンテキスト言語モデルとニューラル誤り訂正言語モデルを併用した音声認識

実際に音声認識を行う際には，会話コンテキスト言語モデルと同様にリスコアリング法を適用します．会話コンテキスト言語モデルと併用することが可能で，両言語モデルの恩恵を受けた認識結果を発話ごとに得ることができます．この様子を**図**に示します．通話の中で入力信号から発話区間が切り出されるたびに，認識結果候補を複数出力し，両言語モデルを適応して最終的な認識結果を求めます．会話コンテキスト言語モデルに関しては，その最終的な認識結果を次の発話を認識する際のコンテキストとすることを繰り返していくかたちをとっています．

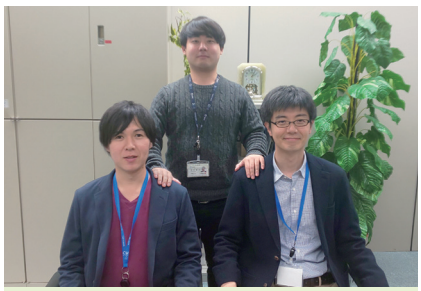
今後の展開

これまで対象としていたコンタクトセンタの多くは，お客さまのほうからコンタクトセンタに通電するという形式がほとんどでした．その場合，オペレータとお客さまは1度きりの会話をするので，お互いに比較的丁寧に話をしようとします．それは音声認識精度の観点でも都合の良い現象といえます．しかしながら，コンタクトセンタのAI関連製品の導入が進むにつれ，会社側からお客さまに連絡をするといったシーンにも用いられるようになってきました．この場合，お客さまごとに担当者がつき，複数回にわたって同じ人どうしで会話を行うため，よりフランクな会話が行われており，音声認識の観点では課題となっています．これまでも，音声認識は適用先を拡大にするのに伴い，従来よりも認識の難しい状況に直面してきました．そのたびに，それを打開するための研究開発を行うことで進化を続けてきたのです．今後も，実際に音声認識をご利用いただいている方々が直面している，新たな課題に挑戦しながら，VoiceRex®は進化を続けていくでしょう．

■参考文献

(1) R. Masumura, T. Tanaka, A. Ando, H. Masataki, and Y. Aono：“Role Play Dialogue Aware Language Models Based on Conditional Hierarchical Recurrent Encoder-Decoder,” Proc. of Interspeech 2018, pp.1259-1263, Hyderabad, India, Sept. 2018.

(2) T. Tanaka, R. Masumura, H. Masataki, and Y. Aono：“Neural Error Corrective Language Models for Automatic Speech Recognition,” Proc. of Interspeech 2018, pp.401-405, Hyderabad, India, Sept. 2018.



（左から）増村　亮/ 田中　智大/
大庭　隆伸

音声認識は多くのビジネス案件で活用されており今後も拡大が期待されます．そこで，いくつかのグループ各社を通して，音声認識をお試しいただける環境を提供しています．ぜひ「NTT 音声認識」と検索してみてください．

◆問い合わせ先
NTTメディアインテリジェンス研究所
音声言語メディアプロジェクト
TEL　046-859-2943
FAX　046-855-1054
E-mail　takanobu.oba.ec@hco.ntt.co.jp

機械読解による自然言語理解への挑戦

西田 京介（にしだ きょうすけ）/斉藤 いつみ（さいとう）
大塚 淳史（おおつか あつし）/西田 光甫（にしだ こうすけ）
野本 済央（のもと なりちか）/浅野 久子（あさの ひさこ）
NTTメディアインテリジェンス研究所

AI（人工知能）の文章読解力に注目が集まっています．AIに人間が用いる言葉（自然言語）を理解させることはとても難しい課題ですが，近年では深層学習の適用により大幅にAIの読解力が向上しました．本稿では，マニュアルに書かれた業務知識を理解し，お客さまの言葉を理解して質問に適切に応答するエージェントの実現をめざして研究開発を進めている機械読解技術について紹介します．

機械読解と自然言語理解

コンタクトセンタにおけるお客さま応対をAI（人工知能）技術により支援するために，NTTメディアインテリジェンス研究所（MD研）では機械読解について研究開発に取り組んでいます．機械読解とはAIがマニュアルや契約書などのテキストを読んで質問に応答する技術で，人間が日常的に用いる言葉を理解する「自然言語理解」の実現に挑戦するものです．コンタクトセンタでは，検索用にマニュアルからFAQを事前に準備しなくても，マニュアルに書かれた内容を正確に読み解いてピンポイントに回答を発見することでオペレータを支援することをめざしています（**図1**）．

機械読解は新しい研究分野ですが，深層学習の発展および大規模なデータセットの整備により急速に発展しています．特に，スタンフォード大学が作成した機械読解データセットSQuAD[(1)]において，2018年1月にAIが人間を上回る回答精度を達成したことで，この研究分野に大きな注目が集まりました．しかし，SQuADの問題設定は比較的単純であり，より難しい問題設定においてAIはまだ人間の読解力には及びません．MD研では，研究用のデータセットを用いた学術的な競争の中で技術を磨きながら，コンタクトセンタにおける実用化に向けた課題の解決に取り組んでいます．本稿では，私たちの機械読解に関する研究成果について紹介します．

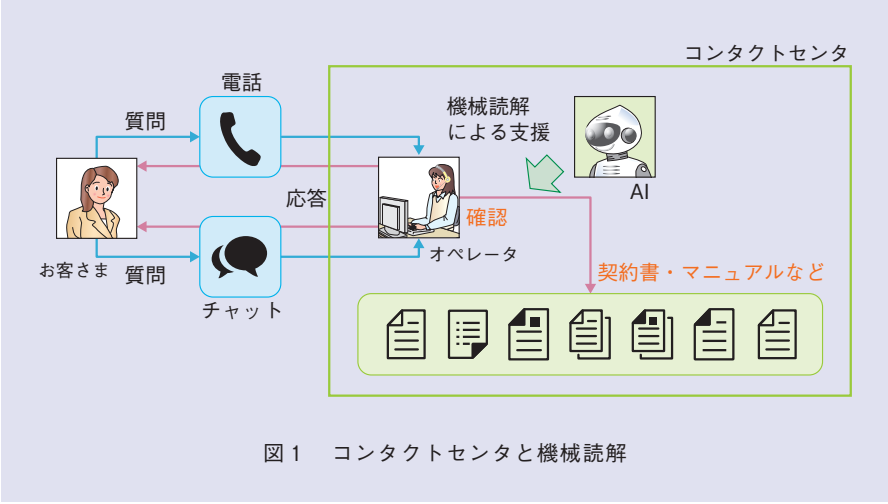


図1　コンタクトセンタと機械読解

多数のテキストから回答を発見する「大規模機械読解技術」

初期の機械読解研究の問題設定では，知識源として扱うテキストは1つに限定されていました．しかし，コンタクトセンタをはじめとした実際の応用シーンでは，多数のテキストから質問に対する回答を発見する必要があります．すべてのテキストを機械読解モデルにより詳細に読み解くのではシステム動作が遅くなってしまうので，回答に必要な文書を高速かつ正確に絞り込まなければなりません．

そこでMD研では，大規模機械読解技術を確立しました[(2),(3)]．この技術は，まず高速に動作するキーワード検索技術を用いて質問に関連するテキストを大まかに絞り込み，次にニューラル検索モデルにより正確にテキストを絞り込み，最後にニューラル読解モデルにより回答を発見します（**図2**）．この際，ニューラル検索・読解を同時に1つのモデルで学習することで，検索精度が大きく向上しました．これに

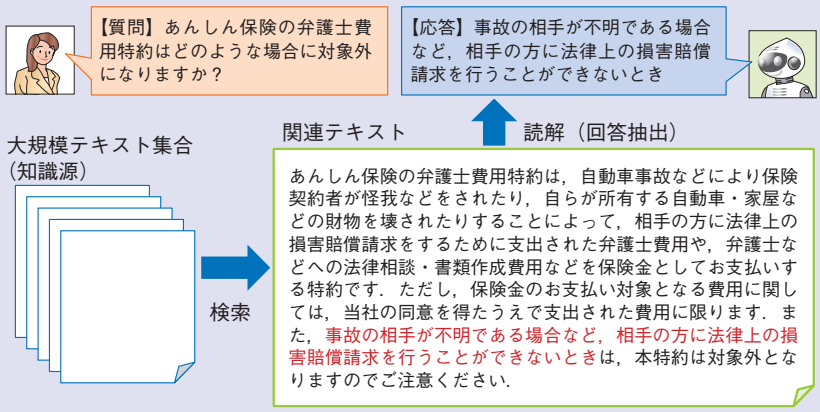


図 2　大規模機械読解

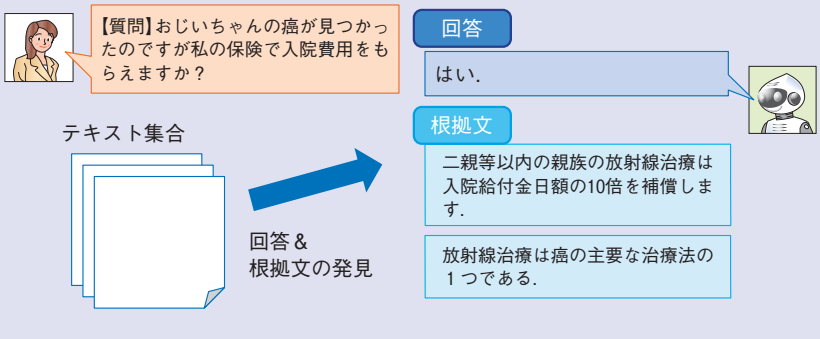


図 3　説明型機械読解

より，英語Wikipediaの500万記事を知識源とした機械読解タスクにおいて，発表当時世界最高の回答精度を達成することができました．

複数個所に書かれた根拠を理解し提示する「説明型機械読解技術」

機械学習に基づくAIでは回答が正しいことを100%保証することは難しいため，機械読解モデルが出力した回答の妥当性を人間が確認できることは重要な機能となります．人間が回答の妥当性を確認するためには，回答の根拠となる情報がテキスト中のどこに書いてあるのかを機械読解モデルが提示することが有用となります．しかし，回答の根拠となる情報はテキスト中の複数の文に分かれて記述されているケースがあるため，これらすべてを理解し抽出することが重要な課題として知られています[4]．

そこでMD研では，文書要約の技術を拡張したモデルを機械読解モデルと組み合わせることによって，説明型機械読解技術を確立しました[5],[6]（**図3**）．文書要約技術ではテキスト中の重要な文を要約として抽出しますが，提案手法では回答のために重要な文を根拠文として抽出します．このニューラル根拠抽出モデルが根拠文を抽出すると同時にニューラル読解モデルが回答を発見することで，根拠が複数の文に分かれてしまうような難しい質問に対しても，回答・根拠双方を精度良く提示することを実現しています．本技術によって，英語Wikipedia記事への質問に対して回答とその根拠を出力する機械読解タスクHotpotQA[4]において，発表当時リーダーボードの１位を獲得することができました．

質問があいまいな場合に問い返す「改定質問生成技術」

機械読解の研究用データセットでは回答が一意に特定できるように作成されたものが主流ですが，コンタクトセンタなどで実際にお客さまが入力する質問では，質問の意図があいまいで，回答を特定できない場合があります．このような場合に人間のオペレータのようにAIが適切に質問の意図を問い返すことができれば，より自然なコミュニケーションが実現できます．

そこでMD研では，あいまいな質問を機械読解が回答できる具体的な質問に書き換える改訂質問生成技術を確立しました[(7),(8)]（**図4**）．提案手法では，質問に対する機械読解の回答の候補を抽出し，回答候補ごとに質問のあいまい性を解消した改訂質問を生成します．例えば，「弁護士特約の限度額はいくら」という質問をした際，改訂質問生成では，回答を直ちに提示するのではなく，「1回の事故による弁護士特約の保険金の限度額はいくら」と「法律相談・書類作成についての弁護士特約の限度額はいくら」といった複数の改訂質問を生成し，質問者に自身が聞きたいことに近い質問がどちらであるかを選択させるように問い返します．この例では，質問者が前者を選択した場合の回答は「300万円」，後者は「10万円」といったように，選択した改訂質問によって回答が変わります．これにより，従来よりも多様な質問に対して機械読解を適用することができます．

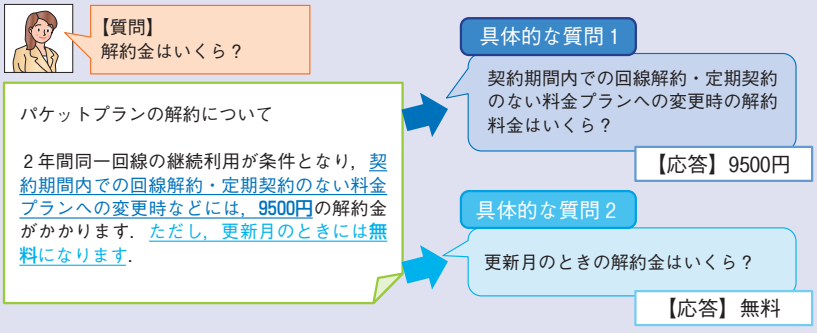


図4　改訂質問生成

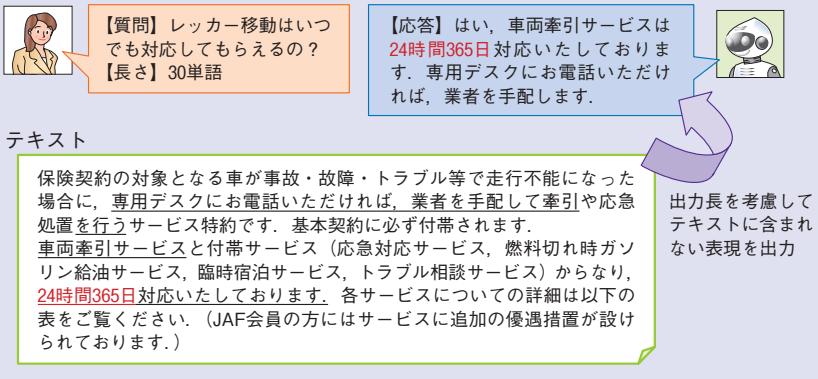


図5　生成型読解・回答要約

スタイルを指定して回答を生成する「生成型機械読解技術」

現在の機械読解の問題設定は，回答を知識源となるテキストから抽出することが主流です．しかし，スマートデバイスやチャットボットでは，より自然な文章を生成することが求められます．しかし，回答の生成は難易度が高く，さらに学習データが不足しているため，これまで世界的に研究は進んでいませんでした．

そこでMD研では，テキストに書いていない表現を生成して応答可能な生成型機械読解技術を確立しました[(9),(10)]（**図5**）．例えば，「レッカー移動の受付時間は？」と質問した際に，「レッカー移動の受付時間は24時間365日です」のように，テキストのみでなく質問の内容を適切に含めた自然な応答を作成できることが特徴です．また，提案手法は，複数の異なる回答スタイルの機械読解データを同時に学習し，生成時に回答スタイルを選択できるようにしました．これにより，学習データが不足する問題を解決しています．提案手法は，検索エンジンの実ログを用いたオープンドメインなQAを行うMS MARCO[(11)]の回答スタイルの異なる2タスクにおいて，発表当時リーダーボードの1位を獲得することができました．

回答の長さを制御する「回答要約技術」

お客さまからの質問に応答するチャットボットにおいては，機械読解モデルが長い回答を出力した場合にそのまま提示するとお客さまが読み難いため，回答の長さを適切に調整することが望まれます．また，スマートフォンで回答を読む場合とPCで回答を読む場合など，状況に応じて回答の長さを適切に調整することで，よりお客さまや状況に合わせた柔軟な回答が可能になると考えられます．

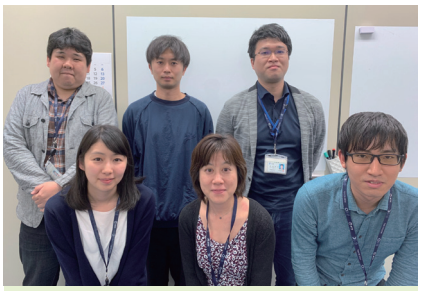
そこでMD研では，ニューラルネットを用いて長さをコントロール可能な回答要約技術を確立しました[12]（図4）．本技術では，テキスト中の重要な個所を特定するニューラルネットのモデルと，特定した個所から回答を要約（生成）するニューラルネットのモデルを組み合わせることによって質問に対して適切に回答を要約する機能を実現しています．回答を要約する際に，長さの情報をベクトル化して与えることによって，任意の長さで回答を出力することが可能となります．

今後の展開

機械読解技術をコンタクトセンタにおけるマニュアルを対象とした質問応答に適用する中で実用化に向けた課題を発見し，さらに技術改善にフィードバックしていくことで，AIによるオペレータの支援，さらには，自動応対の実現をめざしていきます．機械読解は人間が用いる自然な言葉の理解という難しい挑戦であり，コンタクトセンタをはじめ，NTTグループのさまざまなエージェントAIサービスにおいてイノベーションを起こせると考えています．MD研では，人間と自然にコミュニケーションが可能なAIの実現をめざして，今後も研究開発に取り組みます．

■参考文献

(1) P. Rajpurkar, J. Zhang, K. Lopyrev, and P. Liang：“SQuAD: 100,000+ questions for machine comprehension of text,” Proc. of EMNLP 2016, pp.2383-2392, Austin, U.S.A., Nov. 2016.
(2) 西田・斉藤・大塚・浅野・富田：“情報検索とのマルチタスク学習による大規模機械読解，” 言語処理学会第24回年次大会, pp.963-966, 2018.
(3) K. Nishida, I. Saito, A. Otsuka, H. Asano, and J. Tomita：“Retrieve-and-read: Multi-task learning of information retrieval and reading comprehension,” Proc. of CIKM 2018, pp.647-656, Torino, Italy, Oct. 2018.
(4) Z. Yang, P. Qi, S. Zhang, Y. Bengio, W. W. Cohen, R. Salakhutdinov, and C. D. Manning：“HotpotQA: A dataset for diverse, explainable multi-hop question answering,” Proc. of EMNLP 2018, pp.2369-2380, Brusseles, Belgium, Oct. 2018.
(5) 西田・西田・永田・大塚・斉藤・浅野・富田：“抽出型要約との同時学習による回答根拠を提示可能な機械読解，” 言語処理学会第25回年次大会, pp.25-28, 2019.
(6) K. Nishida, K. Nishida, M. Nagata, I. Saito, A. Otuka, H. Asano, and J. Tomita: “Answering while Summarizing: Multi-task Learning for Multi-hop QA with Evidence Extraction,” arXiv, 1905.08511, 2019.
(7) A. Otsuka, K. Nishida, I. Saito, H. Asano, and J. Tomita：“Specific question generation for reading comprehension,” Proc. of AAAI 2019 Reasoning for Complex QA Workshop, Honolulu, U.S.A., Jan. 2019.
(8) 大塚・西田・斉藤・西田・浅野・富田：“問い返し可能な質問応答：読解と質問生成の同時学習モデル，” 第11回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, A3-3, 2019.
(9) K. Nishida, I. Saito, K. Nishida, K. Shinoda, A. Otsuka, H. Asano, and J. Tomita：“Multi-style generative reading comprehension,” arXiv, 1901.02262, 2019.
(10) 西田・斉藤・西田・篠田・大塚・浅野・富田：“回答スタイルを制御可能な生成型機械読解，” 言語処理学会第25回年次大会, pp.17-20, 2019.
(11) P. Bajaj, D. Campos, N. Craswell, L. Deng, J. Gao, X. Liu, R. Majumder, A. McNamara, B. Mitra, T. Nguyen, M. Rosenberg, X. Song, A. Stoica, S. Tiwary, and T. Wang：“MS MARCO: A human generated machine reading comprehension dataset,” arXiv, 1611.09268v3, 2018.
(12) 斉藤・西田・大塚・西田・浅野・富田：“クエリ・出力長を考慮可能な文書要約モデル，” 言語処理学会第25回年次大会, pp.497-500, 2019.



（後列左から）大塚 淳史/ 野本 済央/ 西田 京介
（前列左から）斉藤 いつみ/ 浅野 久子/ 西田 光甫

機械読解の研究を通じて学術的に世界で一番の技術を創るとともに，実社会の中でたくさんのお客さまの役に立つAIサービスの実現をめざして研究開発に取り組んでいきます．

◆問い合わせ先
NTTメディアインテリジェンス研究所
知識メディアプロジェクト
TEL 046-859-2674
FAX 046-859-2116
E-mail kyosuke.nishida.rx@hco.ntt.co.jp

オペレータの応対を支援する自動知識支援システム

近年，コンタクトセンタでは取り扱う商品やサービスの種類や複雑さが増大し，それに伴うオペレータに求められる知識量の増加はオペレータにとっては大きな負担となり，オペレータの定着率も低下しています．本稿では，特に業務経験の浅いオペレータを支援するために，応対中のオペレータに適切な情報（知識）を自動的に提示する自動知識支援システムを紹介します．

はせがわ　たかあき　せきぐち　ゆういちろう
長谷川　隆明　/関口　裕一郎
やまだ　せつお　たもと　まさふみ
山田　節夫　/田本　真詞
NTTメディアインテリジェンス研究所

コンタクトセンタの課題

コンタクトセンタは企業の顧客接点として重要な役割を担っています．短時間で適切に応対することによって顧客満足度を向上させることが大きな目標の1つとなっています．しかしながら，取り扱う商品やサービスの種類や複雑さは年々増大し，それに伴うオペレータに求められる知識量の増加はオペレータにとって大きな負担となり，オペレータの定着率も低下しています．このような状況の中で，特に業務経験の浅いオペレータを支援するために，応対中のオペレータに適切な情報（知識）を自動的に提示する自動知識支援システムを開発しています．

一方，オペレータに提示する情報（知識）の作成・維持には大きなコストがかかっています．これらのコストを下げるために，情報（知識）の1つであるFAQ（Frequent Asked Question）の整備を支援する技術にも取り組んでいます．本稿では自動知識支援システムおよびFAQ整備支援技術について紹介します．

自動知識支援システムの概要

自動知識支援システムは，コンタクトセンタ（コールセンタ）に電話をかけてきたお客さまの用件に基づいて適切な情報を応対中のオペレータに提示することで，業務経験の浅いオペレータを支援するシステムです．オペレータが閲覧・操作するシステムの画面を**図1**に示します．画面の左側にはオペレータとお客さまの発話がテキストとして表示され，画面の右側にはお客さまの用件を伝える発話あるいはオペレータの用件を確認する発話から自動で検索されたFAQからスコアの高い類似質問とその回答が表示されます．

本システムは以下のステップからなります．

① 音声対話のテキスト化：「話し終わり判定」により，オペレータとお客さまの音声対話を認識してオペレータが見やすいかたちでテキストにします．

② 音声対話の構造化：「応対シーン推定」により，コンタクトセンタの音声対話にみられる特徴から音声対話を構造化します．

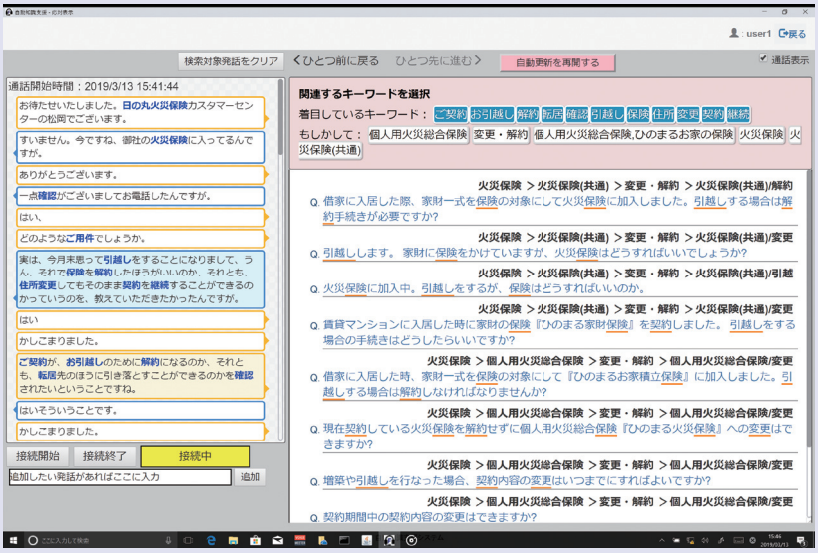


図1　自動知識支援画面

③　FAQ検索の自動化：「FAQ検索発話判定」により，お客さまの用件を含む発話あるいはオペレータが用件を確認する発話を抽出し，それをFAQ検索のクエリとして利用することであらかじめ作成されたFAQを自動検索します．

音声認識から発話判定までの具体的な様子を**図2**に示します．

■音声対話のテキスト化

音声をテキスト化するには，最初に音声認識技術を用いますが，音声認識の結果をそのまま表示するだけではオペレータとお客さまの2人の対話を見やすくすることはできません．お客さまは電話を掛ける際に考えながら用件を伝えるため，発話がゆっくりになったり，間が空いたり，つっかえたりします．そのため，お客さまの発話の音声認識結果をそのまま表示すると，ポーズが空いたところで区切れてしまい，本来は意味的にはひとまとまりにして表示するべき発話が分割され，分かりにくくなってしまいます．自動知識支援システムでは「話し終わり判定」という機能を実現し，比較的長い単位で発話を表示しています．本機能は，音声認識の結果を受けて，オペレータやお客さまが話し終わったかどうか，言いたいことを言い切ったかどうかを判定する機能です．1000通話程度の教師データからDNN（Deep Neural Network）によって学習されたモデルによる判定に加え，相手のあいづちを無視しながら，話者が変わる話者交代の時点で直前の話者は話し終わったとみなすヒューリスティックスによる補完を行うことで，高い判定精度を確保しています．

■音声対話の構造化

コンタクトセンタの対話は，特定の商品に関する問合せや特定のサービスに対する手続きの依頼など，業務で扱うタスクに偏った対話であるため，対話の流れには典型的なパターンがみら

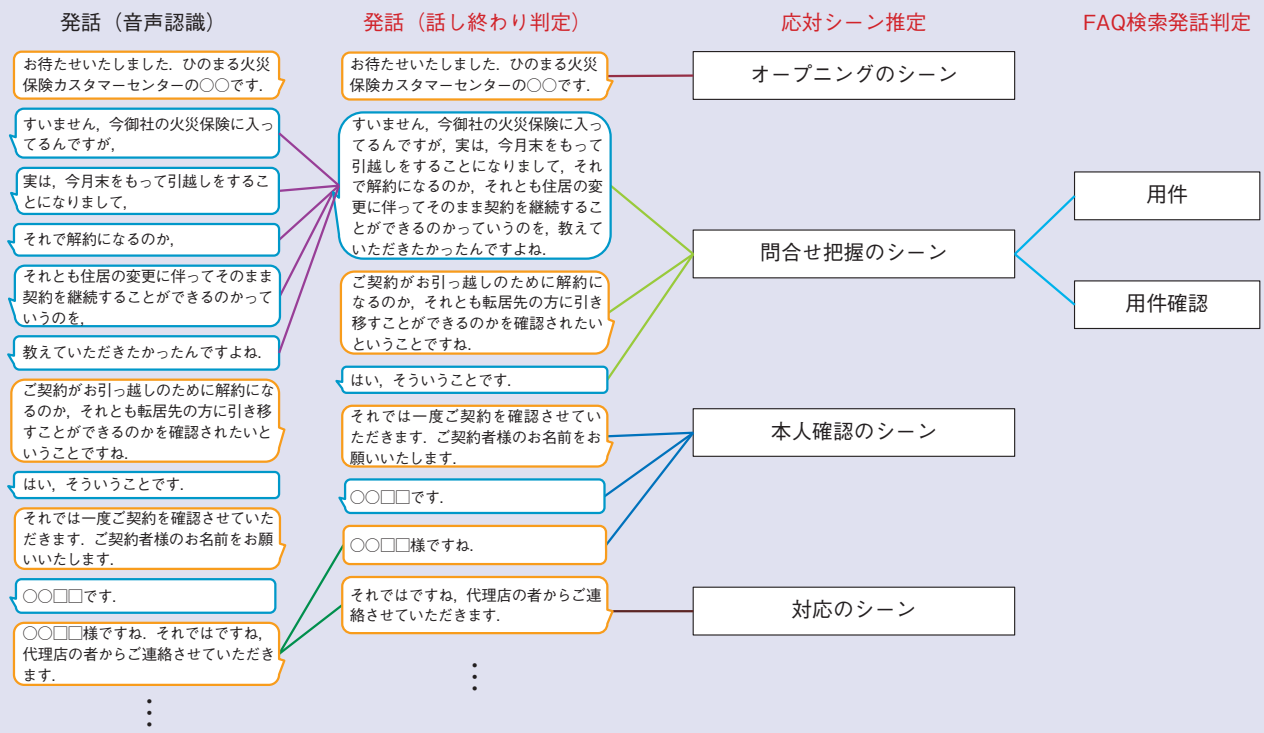


図2　自動知識支援のステップ

れます．例えば，ある保険商品に関する問合せを受け付けるコールセンタでは，オペレータによる自身の名前を名乗るあいさつから始まり，お客さまが電話をかけてきた用件を確認し，契約者や契約内容を確認したうえで，用件への対応を行い，最後にお礼を述べて対話が終了します．オペレータとお客さまの対話を理解するために，このような対話の流れを大局的につかむことは非常に重要な手掛かりとなります．私たちはこの対話の流れをつかむ機能を「応対シーン推定」と名付け，インバウンド型のコールセンタの応対シーンにふさわしいラベルを設計し，1000通話程度のコールセンタの対話ログから教師データを作成し，DNNによりモデルを学習することで，高い精度で応対シーンを推定する技術を確立しました．

■FAQ検索の自動化

FAQを自動で検索するためには，検索のためのクエリを適切に選ぶことと，検索のタイミングを適切に計ることの2点を満たすことが重要になります．検索のクエリについては，音声認識の結果をそのまま用いるのではなく，前述の「話し終わり判定」の結果を利用することで発話の分断を防ぐことができ，発話のまとまった単位を検索のクエリとすることができます．例えば，図2の例にある「実は，今月末をもって引越しをすることになりまして，」という発話で分断されると，クエリとして「引越し」というキーワードだけで検索することになり，後に続く発話に含まれる「解約」や「住所変更」といったキーワードがなければオペレータにとって有効なFAQを検索することができません．このように「話し終わり判定」の結果を利用することで，発話から適切なクエリを選ぶことが可能になります．

また，お客さまやオペレータの発話があるたびに検索するのでは，検索の頻度が多くなり過ぎて，オペレータが検索結果を確認することが難しくなります．そこで，どの発話が用件であるのかを判定する必要があります．お客さまの発話が用件を述べているかどうかを判定する「用件発話判定」と，オペレータの発話が用件を確認している発話かどうかを判定する「用件確認発話判定」という局所的な分類機能を機械学習により実現しました．このときに，前述の大局的な「応対シーン推定」と組み合わせることによって，「問い合わせ把握のシーン」の発話だけに絞って「用件発話判定」と「用件確認発話判定」を適用しています．これによって，例えば「本人確認のシーン」の発話から誤って用件を抽出することがなくなるため，用件の抽出精度を向上させることが可能になりました．このようなプロセスで，用件として判定された発話から抽出したキーワードをクエリとすることで，FAQに対する適切な検索タイミングを実現しました．

FAQの作成支援

用件発話もしくは用件確認発話からFAQ検索を行っても，それに対応するFAQが検索対象として整備されていなければ，適切な検索結果を返すことはできません．FAQは質問文と回答文から構成されますが，回答文についてはオペレータが不正確な応対をした場合のリスクが高いため，適用先コンタクトセンタの業務に精通したセンタ運用者が作成・整備する必要があります．

一方で質問文については実際にお客さまから聞かれる内容に基づいて作成する必要があるため，実際の応対においてよく聞かれる事柄である必要があります．コンタクトセンタに蓄積された過去の通話内容（応対ログ）を解析することにより，FAQとすべき高い頻度で聞かれている事柄を質問文の候補としてセンタ運用者に提示するFAQ整備支援技術を実現しました（**図3**）．

まず，応対ログの中から用件となる部分を上述の「用件発話判定」を用いて抽出します．お客さまから聞かれる用件は多種多様ですが，FAQに追加すべき用件は過去に複数回にわたって質問されているものであるため，得られた用件を集約し頻度の高いものに絞り込みます．その際には，含まれている語句を手掛かりに各用件を多次元ベクトル空間に落とし込み，似た用件どうしをクラスタリングする手法を用いています．その後，集約された用件集合のうち，一定以上の規模を持つものを選び出すことにより，質問文とすべき候補の提示を行います．

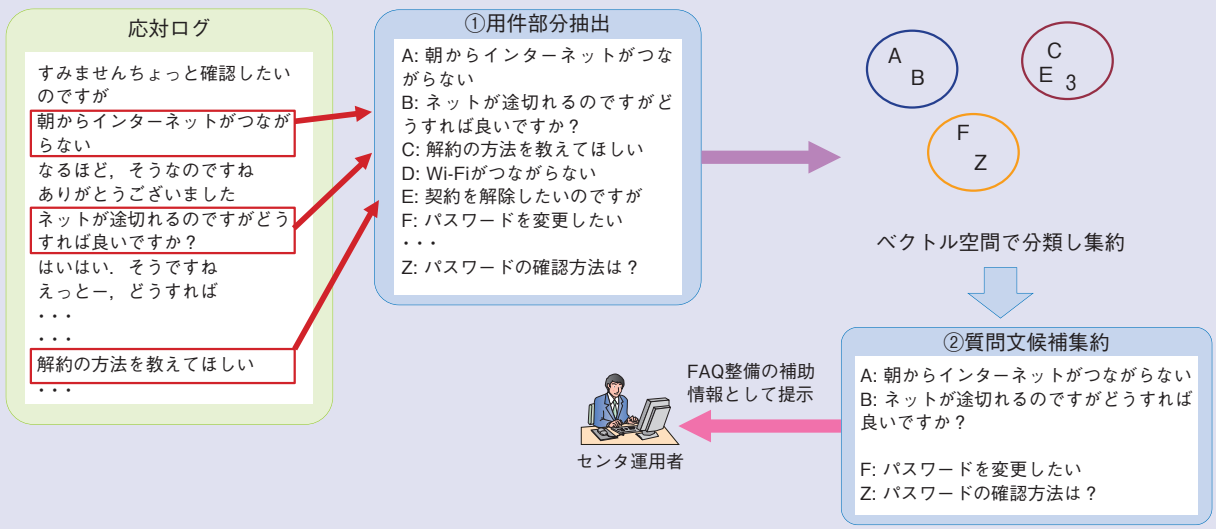


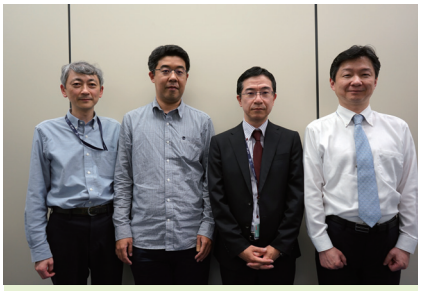
図 3　FAQ整備支援技術

従来は自動知識支援システムの構築時に，作業者が大量の応対ログを確認して質問文の候補をセンタ運用者に伝えていましたが，この部分を自動化することによりシステム導入コストの低減に貢献します．

今後の展開

本稿では，コンタクトセンタにおけるオペレータとお客さまの対話から用件を抽出しFAQを検索する技術を紹介しました．紹介した機能の多くは機械学習により実現されているため，本システムの導入にあたっては，コンタクトセンタごとに大量の教師データを低コストで作成したり，すでに作成されたモデルをさまざまなタスクに適用できるように汎用化することが重要な課題です．

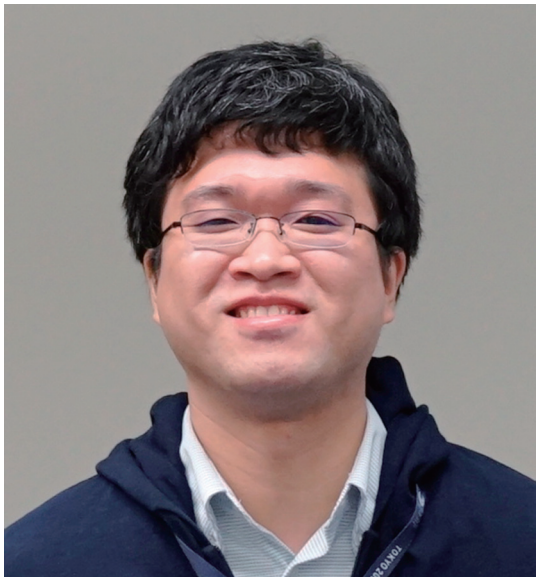
今後もFAQの精度向上に加えて，導入コストの削減の課題に対しても継続して取り組んでいきます．



（左から）山田　節夫/ 関口　裕一郎/
長谷川　隆明/ 田本　真詞

人と人の自然な音声対話を理解したり背景知識を必要とするドキュメントを理解することは非常に難しいのですが，コンタクトセンタのようにタスクを限定すれば音声対話を理解したり文書を検索することで経験の浅いオペレータを支援できるようになってきました．今後はもっとオペレータを支援できるレベルを上げていきたいと考えています．

◆問い合わせ先
NTTメディアインテリジェンス研究所
知識メディアプロジェクト
E-mail　keicho-ml@hco.ntt.co.jp



主役登場

機械読解のState of the Artをめざして

西田　京介
NTTメディアインテリジェンス研究所
特別研究員

私たちが今取り組んでいる機械読解（テキストを知識源とした自然言語理解に基づく質問応答）は，言語処理分野における流行のテーマで，過去に類をみないスピードで研究が進んでいます．最近ではコンペティション形式で取り組まれる研究課題（データセット）が多く，オンラインでリアルタイムに順位を確認可能なリーダーボード上で，世界中の企業・大学が機械読解モデルの質問応答精度を競っています．参加者の多いコンペティションでは，最高の性能（State of the Art）を達成してリーダーボードのトップに立てたとしても数日で他の研究者に抜かれてしまうことがあり，いわゆるレッドオーシャンに分類される研究領域となります．

レッドオーシャンと知りつつも機械読解に取り組むことにしたのは，機械読解の論文を初めて読んだとき「こんなことができるようになったのか！」と感動し，これを実用化できれば大きく世界が変わるだろう，自分でも取り組んでみたい，という気持ちを強く持ったためです．しかし，いざ機械読解の研究を開始してみると，私の予想を超えて競争は激化しました．リーダーボードが物凄い勢いで更新されるのを見ながら，この世界のスピードに追いつくことができるのか？　と不安になりましたし，自分の考えていたアイデアを先にやられてしまうこともありました．その一方で，流行に真正面から取り組むことの楽しさと重要さも知りました．最新の知見が日々発表されるテーマを学ぶことは刺激的ですし，社会に必要とされている技術であるからこそ機械読解が世界中で取り組まれている研究テーマになっていることを確信できました．

激しい競争の中１人で戦うのは難しいと感じ，周囲のメンバに協力してもらいチームとしての研究スタイルを大きく変えました．個々人が関連の少ないテーマに取り組むのを止め，「全員が機械読解に近いテーマに取り組んで情報を共有しつつ，それぞれが個別にインパクトのある研究を行う」という方針に変更しました．毎週読んだ論文の内容をお互いに共有したり，プログラミング言語や深層学習のフレームワークもできる限り統一して知見やテクニックを共有しています．また，社外からも情報が入るように，勉強会への参加やTwitterでの情報収集にも力を入れています．こうした「チーム戦」「情報戦」は優秀なチームメンバに恵まれたことで期待以上の成果を上げ，この半年間で，まだ公開になっていない物も含めて，私たちの技術が5つのデータセット・7つのタスクで世界一の精度を達成しました．私たちもやればできる，世界と闘える技術力があることを十分に示せたと思います．

機械読解の研究と実用化にはまだギャップがあります．世界一の技術でもすべてのテキストを理解して質問応答することはできないのが現状で，たくさんの課題が残っています．今後もチームとしてコンペティションなどで技術を磨きつつ，着実に実用化を果たしてNTTのAI（人工知能）事業へ貢献できるよう取り組んでいきます．

NTTワールドエンジニアリングマリン株式会社　https://www.nttwem.co.jp/

NTT-WEマリン

NTTグループ唯一の海洋エンジニアリングでこれからのIoT時代の発展を支える

NTTワールドエンジニアリングマリンはNTTグループ唯一の海洋エンジニアリング会社である．国内外で重要性を増している海底ケーブルの設計から建設，保守までを一貫して行い，これからのIoT，クラウド，AIの発展を通信インフラの側面から支える．同社の木野雅志社長に事業内容や事業環境，新しい取り組みについて伺った．

NTTワールドエンジニアリングマリン　木野雅志社長

NTTグループ唯一の海洋エンジニアリング会社

◆会社概要について教えてください．

NTTワールドエンジニアリングマリンは1998年にNTTグループ唯一の海洋エンジニアリング会社として設立されました．日本における通信用の海底ケーブルの歴史は古く，1872年の関門海峡に引かれた電信ケーブルが起源です．時代の流れとともに電電公社，NTTへと組織の変遷を経つつも，一貫して海底ケーブルの建設・保守に従事してきました．本社は横浜ですが，長崎事務所とフィリピンにマニラ支店があり，特に長崎事務所では1896年に建築された洋風建築史上希少な建造物を保有しており（経済産業省近代化産業遺産認定），長崎県教育委員会からの要望もあり，これを保存・活用して，海底通信ケーブルに関するさまざまな歴史を展示している「海底線史料館」も開設しています．

◆事業概要と具体的な取り組みについてお聞かせください．

当社の事業は大きく海洋エンジニアリング事業と陸上エンジニアリング事業の２本の柱からなります．主力である海洋エンジニアリング事業では海底ケーブルの建設に適したルートを選定する「海洋調査・設計」，海底ケーブルを陸上に陸揚げし，浅い部分を埋設した後，設計ルート上に正確に海底ケーブルを設置する「ケーブル敷設・埋設」，すでに敷設してあるケーブル等が故障・切断された場合に現場へ行って修理する「ケーブル保守」の3つの業務を当社直営で行っています．

もう1つの陸上エンジニアリング事業は，エンジンの扱いに慣れている船の機関士のスキルを活かし，陸上のNTTビル等に設置されている「非常用発電機の保守・整備」，一般商船へのインターネット接続環境，船内LAN，これらを活用した運航管理支援システムの提供といった船内のIT整備を行う「船舶ITソリューション営業」の２つの業務を行っています．

これらの事業への取り組みにおいて，次の3つを基本方針として掲げています．1番目は，国内と国際ケーブルの迅速・確実な保守です．国内，国際の別なく，海底ケーブルが何らかの原因で故障すると，重要かつ大量の通信が途絶し，場合によっては地域の通信が孤立するなど，住民の生活や企業活動に大きな影響が出ます．故障個所を速やかに把握し，現場へ急行し，ケーブルを引き上げて修復し，元の場所に戻すといった修理作業を，重要な通信を預かっているとの使命感に基づいて，迅速・確実に実施します．

2番目は新規顧客開拓および事業領域の拡大を図ることです．現在，国内においては離島を含み海底ケーブルの需要はほぼ満たされている状況です．今後，海底ケーブルの新規の顧客開拓や，非常用発電機の保守・点検等，ノウハウを活かして新たな事業領域を拡大していくことにも注力していきます．

3番目は何といっても安全です．安全なくしては事業が成り立ちません．船上の作業は，船体が揺れる中で3～4トンもの張力のかかるケーブルを扱うといった危険を伴うものなので，環境や工程における安全の確保が何よりも優先されます．また，気象条件によりうねりや時化等も発生する洋上においては，船舶運航の安全確保も重要です．こうした取り組みを着実に進めることで無事故無災害を実現しています．

◆ケーブルの保守・建設にあたる船舶を紹介していただけますか．

現在，当社では４隻の船でケーブルの保守・建設に取り

組んでいます．2017年4月に就航した最新鋭の船である「きずな」（全長：109 m，全幅：20 m，総トン数：8598 t），今はフィリピン船籍ですが，もともと日本船籍の「SUBARU」（全長：124 m，全幅：21 m，総トン数：9557 t）の2隻を主力船として，「きずな」は国内保守，「SUBARU」は国際保守，建設を中心に従事しています．保守については国内，国際の区別なく迅速，確実に実施できる体制を維持するため，相互バックアップ体制をとり，常に1隻は海底ケーブルの故障に備えてスタンバイしています．そのほか，浅海部における建設や保守を行っているフィリピン船籍の「VEGA」（全長：74 m，全幅：13 m，総トン数：1706 t），日本船籍の「おりおん」（全長：55 m，全幅：9.5 m，総トン数：298 t）の計4隻を運用しています．

◆事業環境はいかがでしょうか．

当社の売上の内訳は，国内ケーブルの保守が3割，国際ケーブルの保守が1割，国内ケーブルの建設が4割，国際ケーブルの建設が2割となっています．保守だけでは収入も限られるので建設事業も積極的に受注しています．1998年の会社設立以来，国内ケーブルは約8200 km，国際ケーブルは2万9300 km，合わせると地球1周分に近い長さの工事を行ってきました．

市場としては，国内の海底ケーブル需要はほぼ満たされていますが，情報格差の是正の観点により政府の補助事業として地方自治体による離島への光海底ケーブルの敷設が増えてきています．

一方で海外に目を向けると近年はGAFAが全世界的な自前のネットワークを構築しようとしています．海底ケーブルへの投資も積極的に行われており，年に2倍ぐらいで伸びていくだろうというのが大方の見方です．こうした動きの中で，当社は日本近海および東南アジアでの工事をターゲットとして営業活動を実施しています．

今の海底ケーブルというのは，テラビット級の伝送容量を持っています．1波長当り100 Gbit/s，100WDM（Wavelength Division Multiplexing）なので，1本のファイバ当り100 Gbit/s×100波長＝10 Tbit/sになります．それが1本のケーブルの中に8ペア（上り・下り）入っていれば，80 Tbit/sが実現されます．80 Tbit/sというと，DVDだと1枚が4.7 GBなので，2100枚を1秒間で送ることができる伝送速度です．国際通信においては昔は衛星が中心でしたが，今は通信の大容量化が求められているため，遅延がなく安定した海底光ケーブルが主力になりました．昨今言われるIoT（Internet of Things），クラウド，AI（人工知能）という情報通信，IT産業の発展を考えたときに海底ケーブルは一番のベースとなるインフラです．これを建設し保守するというのは見えない裏方ですが，世界的なIoT，クラウド，AIの発展を，土台で支える非常に重要な仕事です．

強い使命感を持って何があってもミッションをやり遂げる

◆他のグループ企業にはみられない，洋上の業務が多い貴社の雰囲気を教えてください．

一度航海に出るとある程度の期間は陸には戻れないといったこともあり，社員はやらなければいけないミッションを何があってもやり遂げるという強い使命感を持って仕事に取り組んでいます．例えば建設工事において，岩場があって掘れないなど設計とは異なった状況であった場合でも，臨機応変にルートを迂回するなど対応し，お客さまの要望を何としてもかなえられるように仕事に取り組んでいます．

また，工事の際には技術だけでなく，船の中でのチームワークも非常に重要です．船の中には船を運航するグループと，工事をするグループの人たちがいます．ケーブルを敷設する際には船のスピードと，ケーブルを送り出すスピードがぴったりマッチしていないと，ケーブルを設計どおりに敷設することができません．修理の際には深海から故障したケーブルを引き上げることもありますが，そのときは，ケーブルの張力を見ながら巻き上げのスピードを調節し，船のスピードもそれに合わせて調節するなど，船を運航するグループと，工事をするグループの人たちの連携がとても大事で，非常に一体感があると思います．

◆新しい取り組みについて紹介していただけますか．

新しい取り組みとしては，前述した「きずな」を活用した災害対応に力を入れています．「きずな」はエンジンや居住スペースを前部に集中させてあり，作業等に関するスペースを後部に集約しています．そのスペースに災害対策用の資機材が搭載できるようになっています．例えば非常用電源車，工事用車両やNTTドコモの可搬型基地局等を積み込むことも可能です．

2018年1年間で「きずな」が災害対応で2回派遣されました．1つは，沖縄に台風が来た際に，NTT西日本からの要請でバケット車を積んで沖縄まで運びました．もう1つは北海道の地震で大停電が発生した際に，給電の止まってしまったNTTグループの施設に非常用の自家発電機とそれを回すための軽油を積んで北海道苫小牧まで運びました．これから先，発生が予想されている首都圏直下型地震や南海トラフ地震など，いざというときには災害復旧用資機材輸送，災害復旧に従事するNTTグループ社員への支援等において「きずな」を最大限活用していきます．

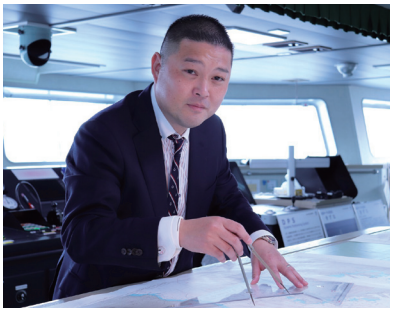
◆社員へのメッセージをお願いします．

安全第一を一番に考え，常にKY（危険予知）を行い，くれぐれも事故のないように仕事をしてください．そのうえで，海底ケーブルの保守は，IoT時代を支える極めて重要な仕事なので，しっかりと使命感を持って，自分たちのミッション，役割，仕事をきちんと最後までやり遂げましょう．

沖縄での新規敷設や東日本大震災の復興でネットワークインフラを支える

営業部　第一営業担当　課長
大東地区情報通信基盤整備推進事業PM
櫻井　淳さん

◆担当されている業務について教えてください．


櫻井　淳さん

航海士の資格（一級海技士）を取得し，ゆくゆくは船長をめざし日々業務に励んでいます．現在は，海底線業務の視野を広め，遂行業務の幅を広げるため，営業部で課長をしています．大小さまざまな案件がありますが，代表的な案件として沖縄本島と北大東島を海底ケーブルで結ぶプロジェクトがあり，プロジェクトマネージャ（PM）も務めています．南大東島へは８年前に海底ケーブルを敷設した実績があり，今回，新たに北大東島へも海底ケーブルを敷設するということで，契約に向けた準備をしています．

そのほかには平戸（長崎県）方面や，気仙沼（宮城県）方面での案件を担当しています．

特に東北に関しては，東日本大震災後の災害復旧工事を担当していた事もあり，強い思いがあります．当時，NTTグループの使命として，早く復旧しなければならないという状況下で，仙台の災害対策本部には何度も足を運びました．浦戸諸島では海路が寸断されており，通信復旧に必要な電柱等の資機材の運搬もままならない状況であり，現場の判断で弊社の船で，塩釜港から浦戸諸島へ電柱等の資機材を運び感謝されたのを覚えています．

震災復旧後，宮城県の海岸沿には，防潮堤が建設され，防潮堤が完成するたびにケーブルを移設する支障移転工事を実施しており，2019年7月の気仙沼支障移転工事で完了します．最初と最後に営業マンとして担当できたのが，私の営業経験の中で大きな財産となり，またNTTグループとして震災復興に大きく貢献できたと思っています．

◆ご苦労されている点を伺えますか．

北大東島のプロジェクトは設計がこれから始まるところですが，今年度は海洋調査，来年度は海底ケーブルを製造，敷設工事は3年後という，長期のプロジェクトです．沖縄本島周辺海域は海底ケーブルが多く敷設されているためルート選定にはとても苦労しています．当然お客さまとしてはケーブルが短いほうが安価となり，できる限り短くしてほしいと言われるのですが，既設ケーブルに対し国際ルールに従って一定の離隔を取る必要があるため，どうしてもルートは限られてしまいます．ルート選定は長崎の設計担当が実施していますが，私はその理由等をお客さまに説明しなければなりません．ルートだけでなく，水深によってケーブルの仕様（種別）が変わってくるので，敷設ルートにより種別ごとのケーブル長を計算し，それをお客さま等へ設計上の困難なところも含めて分かりやすくお伝えするのに苦労しています．

将来的には今回の工事のルート，既設のルートに加えて，北大東島と南大東島を結ぶルートを構築し，安定した伝送路の確保のためループ構成にしたいと考えています．

◆以前は航海士として乗船していたとのことですが，そのころの話も伺えますか．

今は完全に横浜での陸上勤務ですが，2015年まで航海士として船を操船する仕事をしていました．パプアニューギニアから帰ってくる航海のときに，雲1つない水平線へ太陽が沈むときに一瞬光るグリーンフラッシュを見ることができました．海は意外と雲が多いので，水平線にきれいに沈む太陽というのはなかなか見ることができません．グリーンフラッシュを見た船乗りは幸せになれるという言い伝えもあり，貴重な体験ができました．

また，イルカやクジラ，海亀ともよく出会いました．南の島だと海水が透き通っているのでケーブルを海底へ沈下させる最後の瞬間まで見ることができます．1カ月，2カ月と歳月をかけて敷設してきたケーブルの最後がきれいに沈下していくところを見ると，本当に疲れがすべて吹っ飛ぶぐらいの，達成感が湧いてきます．

◆乗船中の苦労した点も伺えますか．

一等航海士として乗船していたころは，工事を含む各部門のトップと職長を集めてミーティングを実施し，どのようにして作業するか手順等々を決定し，船長と工事長に説明していました．ベテランの方たちから文句を言われることや，ここはこうしたほうがいいといった意見が出るので，それをまとめるのが大変でした．ただし最後は，お前が決めたのならそれでいこうとなるので，うまく連携が取れていたと思います．そのときの経験が，今のPMとしての仕事に役立っていると感じます．

◆今後の展望について教えてください．

現在手掛けている大東島の案件は2021年には終わりますが，その後に2工区目といわれている北大東島と南大東島をつなぐところまで含めると6年がかりの大きなプロジェクトです．これから先，しばらくは大東島に関連した仕事が続く予定ですが，ゆくゆくは現在の業務を活かしお客さまへ満足していただける工事ができる船長となることを夢見ています．

NTTワールドエンジニアリングマリン ア・ラ・カルト

■健康増進への取り組み

NTTワールドエンジニアリングマリンでは工事に出ると船の生活が長くなるため，健康増進への取り組みに力を入れているそうです．健康診断・人間ドックだけではなく，体力測定やその結果に基づいたスポーツインストラクターからの日常生活で継続できる運動指導も受けています．さらに2017年度からは管理栄養士から生活習慣病予防のための食事に関するアドバイスをいただいており，吉田洋一労働安全グループ担当課長（**写真1**）によるとこれが社員の方へは非常に好評だそうです．健康経営の観点から，社員の健康増進の取り組みは継続していきます．

写真1

■横浜・長崎それぞれの地域でのレクリエーション

横浜では横浜港振興協会が主催している「横浜港カッターレース」に毎回エントリーしています（**写真2**）．こちらは勝負よりも，社員や家族とコミュニケーションを図っているとのこと．また，同社所属の海洋学校OBと，大会に参加している海洋学校の生徒たちが交流することで，社内だけでなく地域との交流にも一役買っています．

長崎では昨年初めて，協力会社の方々も含めてソフトボール大会を開催しました（**写真3**）．家族を入れて総勢130名もの方が参加して行われ，会社・所属を問わず，お互いの理解が深まりました．この企画は大変好評で，今年も計画されるそうです．

写真2

■すべてが圧巻のスケール「きずな」

取材後に出航準備のために停泊していた「きずな」を見学させていただきました．船自体の大きさにも驚きましたが，ケーブル自体やケーブルを貯蔵するタンク，ケーブル敷設のためのロボットなどすべてが日ごろは目にすることのない圧巻のスケールでした．仮想化などによって最近はネットワークの低レイヤの部分を意識することは少なくなりましたが，物理的なものを見たことで，ネットワークの根幹の部分を再認識させられました．

写真3

第22回世界電気通信標準化協調会議（GSC-22）報告

岩田 秀行（いわた ひでゆき）
NTT研究企画部門

第22回世界電気通信標準化協調会議（GSC: Global Standards Collaboration）が2019年3月26～27日までスイス・モントルーで開催されました．GSC会合は，各標準化機関（SDO: Standards Developing Organization）間の活動の情報共有や活動の重複の回避と標準化活動の促進を目的としており，今回は12のSDOから計85名が参加して行われました．今回の戦略トピックスは，Connected Citizen & Smart Sustainable City およびAI（人工知能）について議論されました．

会合の概要

第22回世界電気通信標準化協調会議（GSC: Global Standards Collaboration）は，2019年3月26～27日にスイス・モントルーで行われました．12の標準化機関（SDO: Standards Developing Organization）〔ARIB(日本)，ATIS（米国），CCSA（中国），ETSI（欧州），IEC，IEEE-SA，ISO，ITU，TIA（米国），TSDSI（インド），TTA（韓国），TTC（日本）〕から計85名が参加し実施されました（**写真**）．各標準化団体の最新の活動状況，優先する標準化課題の報告および戦略トピックスとしてConnected Citizen & Smart Sustainable City とAI（人工知能）の2つについて議論しました．

各標準化団体からの活動進捗報告

12のSDOから，最新の活動状況の報告および優先的な課題についての報告がありました．

重複する課題としては，Smart City，IoT（Internet of Things），AI，セキュリティ，5Gなどでした．市場動向にタイムリーに対応した標準化活動の重要性と共通課題における各SDO間の検討の重複を最小限にするための連携協調が必要であることが共通に認識されました．

GSC-22の主要テーマに関する議論

今会合では，主要テーマとして，Smart Sustainable CitiesとAIの2課題を取り上げ，テーマごとに各SDOの代表によるプレゼンテーションとパネルディスカッションによるセッションを実施しました．

■Smart Sustainable Cities：持続可能なスマートシティ

スマートシティの実現要件としては，都市間をまたがってデータを交換する共通的な仕組みの実現ができていないという潜在的な課題を有しており，GSCの各SDOは，シームレスなデータ交換，相互運用などを可能にするためのガイドラインと標準の開発に関する継続的な議論の必要性を共有しました．

各SDOからの報告の課題としては，IoT/Smart Cityプラットフォームにおける相互接続性が欠如（サイロ化）しており，プラットフォームとデータAPI（Application Programming Interface）の標準化の必要性が強調されました．

■AI

AIに関しては，さまざまな地域のニーズを認識しながら，5G，ヘルスケア，工業製造などの分野でのAIおよび機械学習とその応用に関する継続的な活動について情報を共有しました．AIの技術的な側面だけではなく，

写真　GSC-22参加者集合写真

セキュリティ，プライバシ，信頼性，倫理，社会的懸念，および規制に関連する潜在的な問題について検討が行われ，ICTシステム，サービスおよび技術の倫理的および社会的側面に取り組むためにGSCメンバ間での協力が必要であるという認識を行いました．SDOの報告の中では，IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineers）では，倫理に整合したデザインを行うためのEthics of Autonomous & Intelligent Systemsに関するグローバルプロジェクトを推進し，倫理も考慮したAIやAutonomousシステムを広くカバーする標準としてIEEE P7000シリーズを制定しています．

また，ETSI（European Telecommunication Standards Institute）におけるAI関連の活動として，ISG ENI（Experiential Networked Intelligence）ではデータ収集および分析へのAI利用，ISG ZSM（Zero touch network and Service Management）では自動化およびオペレーションへのAI利用，ISG MEC（Multi-access Edge Computing）ではネットワークエッジの開放とネットワークおよびコンテクスト情報の提供，TC ITS（Intelligent Transport Systems）では自律的な自動車へのAIの活用の検討を行っています．TTC（日本）からは，セキュリティ専門委員会委員長より，AI/Machine LearningにおけるTransparent（透明性）とTrustworthy（信頼性）に関するプレゼンテーションを行いました．AI技術の普及によりさまざまな活動においてAIの判断が利用されようとしていますが，不適切，または偏ったデータが利用されることにより，適切な判断がされない可能性が指摘されています．また，AIエンジンの機能を恣意的に操作することにより，特定の人々にのみ都合が良い判断が行われる可能性があります．そのため，日本政府が規定した以下のHuman-centric AIの社会的な基本原則Human-centric，Education，Privacy，Security，Fair Competition，Fairness，Accountability，and Transparency，Innovationに沿うとともに，AIセキュリティ標準化の観点から，AIシステムを利用するためのガイドラインやAI システムのレポート機能の重要性，またTraining Dataの内部評価，標準化されたTraining Dataに対する出力データの調査，バランスの取れていない出力の検出，AI利用のための信頼性フレームワークなどの技術仕様の必要性が示されました．

今後の予定

次回，第23回会合は2020年にTIA（米国）がホストで開催される予定です．

Technical Solution
テクニカル ソリューション

自動判定機能を備えた接地設備評価シミュレータの導入

NTT東日本技術協力センタでは，雷による年間150件程度の通信設備の被害に対する故障相談を受けています．被害を受ける設備は通信センタビル内からアクセス区間，お客さま端末まで多岐にわたっています．その中でも通信センタビルでの雷による故障は，大規模な通信障害につながるため，安心・安全な通信サービスの提供に向けて確実な対策が必要です．この通信センタビルでの雷害を抑制するためには，ビル内の接地構成の適正化を図ることが重要です．技術協力センタでは，通信センタビル全体の接地および接地線を含めたすべての既存配線（給電線，通信線）を見える化し，最適化することをサポートするツールを開発し，現場作業の効率化を支援しています．

通信センタビルで発生する雷故障と原因

通信センタビルに設置された通信設備（通信装置や電源装置）は，雷の発生により，屋上の鉄塔，アンテナ，避雷針等への落雷（直撃雷）や，付近への落雷によって通信ケーブル，電源ケーブルに誘導された雷サージ（誘導雷）によって被害を受けることがあります．このような雷からの被害を最小限にするための１つの方法として，通信センタビル全体での接地の適正化が挙げられます．接地の構成が適切でない場合には，これら雷サージの侵入によって，通信装置間の電位差，フロア間の電位差，接地極間の電位差等が発生し，通信設備のスタックや装置損傷等の故障を引き起こす原因となります．

通信センタビルの接地構成の考え方

通信センタビルの接地構成については，平成８年に制定された「接地ガイドライン」に基づき設計・施工・対策を行うことになっています．基本的な雷対策には，複数の接地点を連接させる「①等電位化」，雷サージ電流の侵入を電気的に阻止する「②絶縁」，雷サージ電流を迂回させるルートを構築する「③バイパス」の３つの方法が存在し，通信センタビルの場合には，主に①，②を用いて接地の適正化を進めていきます．その考え方として以下の３点が重要になります（**図１**）．

⑴　建物レベルでの等電位化（IF-A）

通信センタビルに複数の接地極が存在する場合は，連接して１点にまとめます．これにより，接地極間の電位差を抑制します．

⑵　フロアごとの等電位化（IF-B）

通信センタビル全体と同じようにフロアごとの接地の基準を１つにまとめることで，複数の接地端子間の電位差を抑制します．

⑶　フロア間をつなぐ通信ケーブルの絶縁確保（IF-C）

フロア間をまたぐ通信ケーブルが存在すると，フロア間の電位差の違いにより通信装置が影響を受けることがあります．そこで，異なるフロアをまたいで接続される通信ケーブルに絶縁対策を行い，通信装置の雷故障を抑制します．

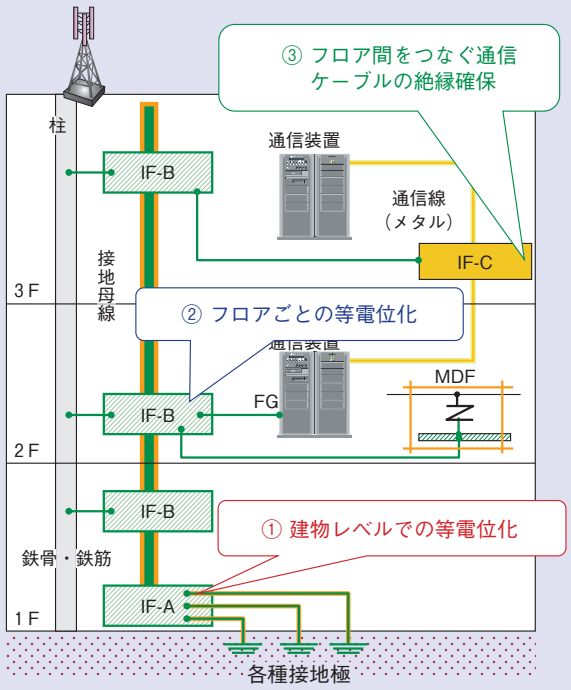


図１　通信センタビルの接地構成方法

技術協力センタの取り組み

■接地適正化に向けたマニュアルの提供

通信センタビルをより雷に強くするため，通信センタビルの接地環境の点検，改善を下記の3つのステップで実施します．

① 通信センタビル設備・配線状況の把握
② 既存環境における配線の不備個所の把握
③ 配線の不備個所の改修

これらのステップを確実に行うためには，作業者全員が既存設備の配線状況の正確な把握とその結果に対する良否判断ならびに，不備があった際の不備改修方法について，理解するとともに統一した作業ができるようにすることが重要です．そこで技術協力センタでは，「接地調査マニュアル」と「接地改修マニュアル」を作成し，主管部門から関連部に展開しています．これらのマニュアルでは，通信センタビルの接地構成の状況を把握するためのチェックポイントならびに，通信センタビル全体，フロア単位，通信ラックへの配線（通信線，給電線，接地線）の確認方法と不備があった際の改修方法を記載しています．

■接地適正化の判断を行うツールの提供

提供したマニュアルを運用するうえでの課題として，実際の通信センタビルでは，通信設備（通信装置や電源装置）の配置，ケーブルの配線，接地の構成などが区々であり，その接地構成の良否判断には，通信設備の設置や配線法に関する幅広い知識や雷対策に関する専門的な知識の活用が必要となり，すべての作業者が統一的に作業を実施することが難しいという点がありました．そこで，技術協力センタでは，経験や知識によらず，通信設備の構成を見える化し，簡易に接地構成の良否を判定可能な「接地設備評価シミュレータ」を開発しました（**図2**）．

本シミュレータでは，通信センタビル全体，フロア単位での通信設備の設置状況，各線（通信線，給電線，接地線）の配線状況を入力することにより，通信センタビル内の設備状況，各線の配線接続状況を簡単に「見える化」することができます（**図3**）．また，良否判定機能を具備しており，ワンクリックで「接地構成の正常性」を判定することが可能です（**図4**）．シミュレータ内には，

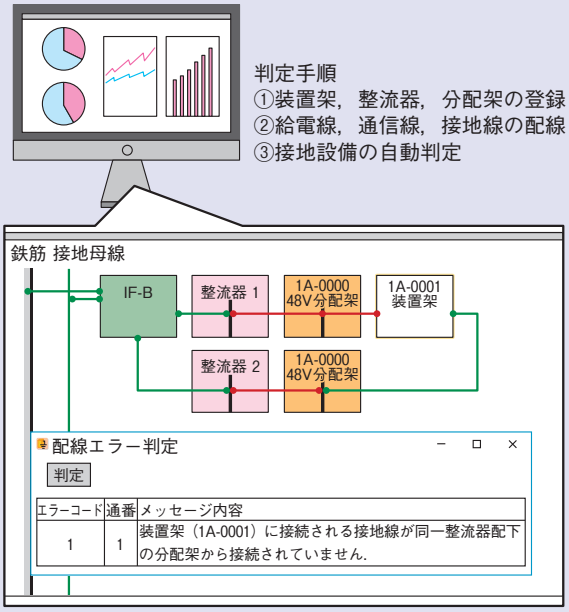


図2　接地設備評価シミュレータの判定イメージ

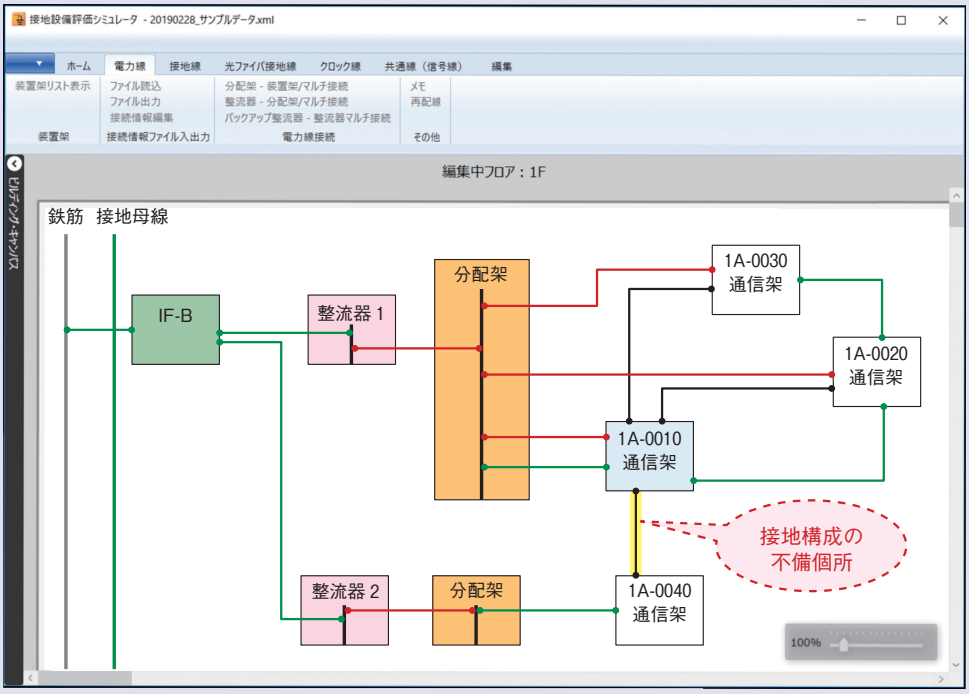


図３　通信設備の設置状況や通信線・給電線・接地線の「見える化」

「接地ガイドライン」と「接地調査・改修マニュアル」に基づいた30個のチェック項目があらかじめ設定されており，それに基づいて配線１本１本に対し自動で正常性の確認を行います．

通信設備の設置状況や配線状況のデータの入力については，調査結果に基づいてあらかじめ用意されているパーツを使いGUIで作図していく方法と，他システムで利用している通信センタビルの配線情報ファイルを読み込み自動作図する方法の２つがあります．本シミュレータはノートPCレベルで動作するため，接地の調査をしながら通信設備の設置状況，配線状況の図面を作成することが可能です．また，通信設備が設置されている架内の配線状況も直流，交流給電といった給電電圧ごとに入力することができ，架内配線の見える化も可能です．

通信センタビル内の通信設備の設置，配線のデータ入力が終了すると，接地の適正化に向けた良否チェックが行えます．良否チェックにより不備が発見されると，不備個所の配線や通信設備がハッチングされるので，簡単

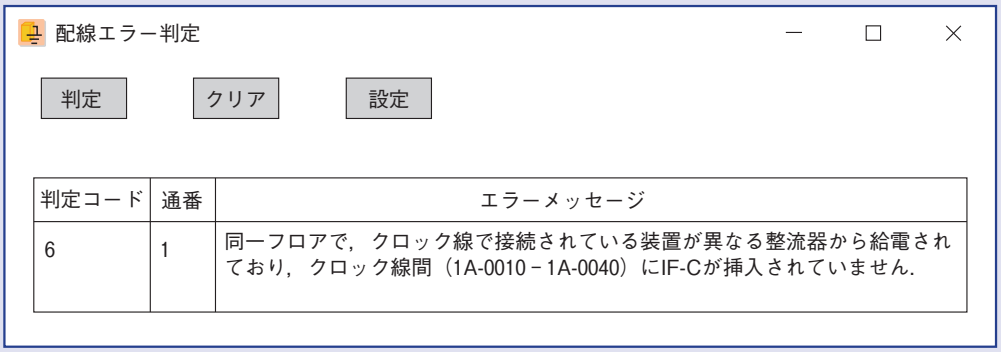


図 4　「接地構成の正常性」の判定結果

に不備個所を確認・特定することができます．合わせて，不備と判定された理由も明示されるため，接地や配線の適正化に向け確実な対策をすることができます．

本シミュレータを活用いただくことで，構成が区々な通信センタビルの接地適正化作業に対し，知識や経験によらず統一的な通信設備の見える化と不備個所の確認・特定が可能となり，現場作業の効率化が期待されます．

今後の展開

安心・安全な通信サービスを提供し続けるためには，雷の影響を受けにくい通信センタビルの構築と維持が重要です．その１つの方法として，接地の適正化が必要です．今回開発したシミュレータは，設備の接地，配線に関する不備を漏れなく明示するため，確実な改修が可能となります．接地の適正化により，より雷に強い通信センタビル構築に貢献します．

技術協力センタでは，引き続き現場の課題解決に向けた技術協力活動を推進し，通信設備の品質向上・信頼性向上に貢献していきます．

◆問い合わせ先
NTT東日本
ネットワーク事業推進本部　サービス運営部
技術協力センタ　EMC技術担当
TEL　03-5480-3711
FAX　03-5713-9125
E-mail　gikyo-ml@east.ntt.co.jp

AI・ICTを活用した新たな英語学習・学習指導方法の検証について ――板橋区の中学校で英語Speaking学習に関するトライアルを実施

NTTと，NTT東日本は，中学生の英語Speaking学習に関するトライアルを，板橋区内の中学校において2018年12月から2019年３月まで実施しました．

本トライアルでは，NTTのAI技術「corevo®（コレボ）」の活用により実現した日本人特有の訛りを含む英語に対する音声認識技術と，デジタルドリルを組み合わせたSpeaking学習アプリを利用しました．

当該アプリを，教育ICTの導入・活用に積極的な板橋区内の中学校において実際の授業で活用し，英語Speaking学習のモチベーションの向上につながる学習方法や学習指導方法を検証しました．

■背景，目的

社会の急速なグローバル化の進展により，外国語，特に国際共通語である英語の重要性は一層増しており，2020年度から小・中・高と順次全面実施される新学習指導要領においても英語教育の充実が打ち出されています．これを受けて，英語の「聞く（Listening）」「読む（Reading）」「書く（Writing）」「話す（Speaking）」の４技能を習得する必要性が高まっています．特に「話す（Speaking）」学習については，現状の英語学習において必要性がありながら発話機会の少なさによる学習量の不足が懸念されており，ICTの活用によって学習効果の向上が望まれている分野です．トライアルの検討にあたり，中学校の教育現場へ英語Speaking学習の現状に関するヒアリングを行ったところ，以下の課題が分かりました．

① 先生１人に対して多くの生徒が参加する授業でのSpeaking学習は，生徒個人に割り当てられる時間に制約がある

② 従来のツールでは，日本人特有の訛りを含む英語音声を適切に認識できないことによる発話に対するモチベーションの低下という問題があり，Speaking学習への第一歩として，話すことに対する意欲を高める必要がある

③ 英語Speakingは新たな評価項目として着目され始めた分野のため，より効果的な学習方法を検討していく必要がある

これらの課題解決に向け，「板橋区教育ICT化推進計

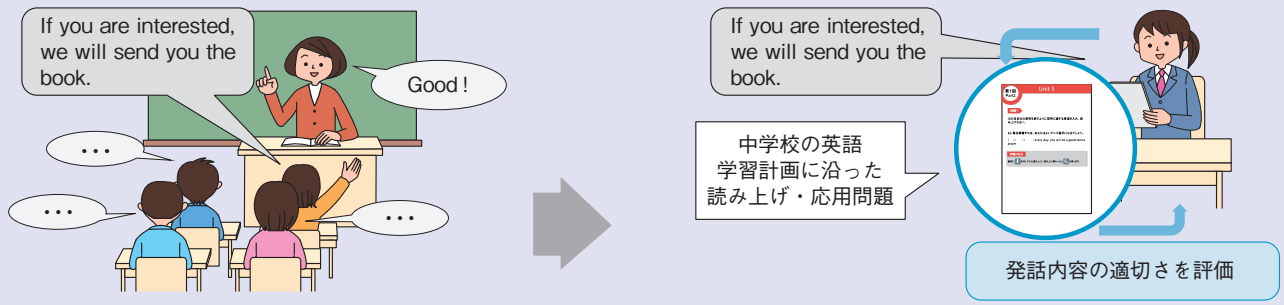


図　トライアルイメージ

画」に基づき，NTT東日本と2014年から区内の学校ICT環境整備と授業への導入を先進的に進めている板橋区と，日本人英語に対応した音声認識技術を活用したトライアルの実施に至りました．

■取り組み概要

⑴　トライアルの内容と目的

本トライアルでは，AI・ICTを授業に導入し，英語Speaking学習のモチベーションの向上につながる学習方法や学習指導方法を検証し，有効性を評価しました*（**図**）．

①　学習方法

授業において，生徒１人に１台のタブレットを配布し，音声認識技術およびデジタルドリルを組み合わせたSpeaking学習アプリによる個別学習を実施（Speaking学習アプリには，学習単元に即した発話・応用問題ができるオリジナル教材を提供）

②　学習指導方法

・生徒が問題に従って英語発話で回答をすると，Speaking学習アプリが発話内容の適切さを評価し，表示

・教師は，生徒の発話音声や音声認識結果（テキスト）などから，表現や文法などについてICTを活用したSpeaking学習指導方法を評価・検討

⑵　各社の役割

・NTT：日本人英語に対応した音声認識技術の提供，Speaking学習教材の提供

・NTT東日本：ネットワークなど，学校向けICT環境の整備・運用

⑶　実施期間

2018年12月～2019年３月

■トライアル結果

トライアル後の生徒アンケートでは，75％の生徒が「楽しかった・どちらかというと楽しかった」と回答しました．加えて，英語の「話すこと」が他の技能に比べて苦手と感じている生徒に対象を絞っても，96％以上の生徒に「発話への抵抗感を軽減できる学習方法」と評価されました．このほか，担当教師より，提供したアプリケーションが，生徒のIT活用能力，発話能力を補うものとして機能することが確認できたことや，時間を有効に使えることが評価されるなど，個別学習の有効性が期待できる結果が得られました．また，板橋区教育委員会からは，生徒が発話に前向きになれない要因である，恥ずかしさや不慣れであることを克服して，学ぼうとする能力を育てることができる，と高い評価が得られました．

さらに，日本人特有の訛りに対応した音声認識を後押しする声として，教育現場だけでなく教育委員会からも，ネイティブな英語を習得することには必ずしもこだわらず，訛りがあったとしても自信を持って話せることが大切である，というお考えを伺うことができました．公立の中学校では，生徒間で英語を学ぶことへの意欲や英語のスキルの差がみられましたが，生徒個人に合った学習内容や，英語の発話が得意でない話者に優しい学習方法を提供することで，英語を話すことに自信を持ち，将来，海外の人を相手に活躍できるグローバル人材育成に貢献していきます．

◆問い合わせ先

NTT研究企画部門
プロデュース担当
E-mail　service-produce-group1-ml@hco.ntt.co.jp
URL　http://www.ntt.co.jp/news2018/1810/181029b.html

＊ NTTが提供するシステムの一部には，高機能デジタルドリルプラットフォーム「ノウン」（NTTアドバンステクノロジ社），高精度音声認識ソフトウェア「SpeechRec」（NTTテクノクロス社）を活用します．

AI技術を活用したより学習効果の高いデジタルドリルプラットフォームをめざして

担当者紹介

遠藤　公誉
NTTアドバンステクノロジ
AIロボティクス事業本部
ロボティクスソリューションビジネスユニット

NTTアドバンステクノロジではさまざまな学習スタイルで利用できるスマートデバイスに対応したデジタルドリル提供サービス「高機能デジタルドリルプラットフォーム　ノウン」を2017年に開始しました．今回のトライアルでは，このノウンのアプリにNTTのAI技術を活用した英語音声認識技術を組み込んだSpeaking学習アプリを開発し提供させていただきました．トライアルに参加した中学校の生徒の皆さんにはタブレットを使った英語のスピーキング学習という新しい学習を体験してもらえたと感じています．今後はこのトライアルで得られた知見を活かしてさらに学習効果を高めるための機能の充実を図り，より幅広い利用者に活用していただけるデジタルドリルプラットフォームへと発展させていきたいと考えています．

日本人が自信を持ってグローバルで活躍できる世界をめざして

研究者紹介

小橋川　哲
NTTメディアインテリジェンス研究所
音声言語メディアプロジェクト

英語と日本語は言語的な距離が離れているため，日本人学習者がネイティブレベルの英語発声を習得するのはとても難しいことが知られています．実際，国際会議の場においても，日本人研究者がうまく議論に参加できていない場面をよく見かけます．一方で，コテコテの日本人訛りの英語でありながら，海外を拠点に世界で活躍する日本人もいます．なぜそんなことができるのか話を聞くと「要は自信を持って英語を話しているかどうか」という回答が返ってきました．

このたび，私たちは，世界的にも類をみないほど膨大な音声データを収集・学習して日本人英語音声認識技術を開発しました．従来のネイティブの英語を前提としたアプリケーションでは，あまり英語を話すのが得意でない学習者にとっては厳しい評価になり，自信を失ってしまいます．これに対し，私たち日本人に寄り添う英語音声認識技術を活用することで，日本人訛りの英語であっても音声入力を可能とする語学学習支援アプリケーションが実現できます．実際の中学校で実施した共同実験では，英語を話すことが苦手な生徒の多くから，「英語を話す量が増えた」等の前向きな反応が得られています．

私たちの人に寄り添う技術により，多くの日本人が海外でも自信を持って活躍できるよう貢献していきたいと思います．

1波長当り毎秒1テラビットを長距離伝送する世界初の波長多重光伝送実験に成功
――IoTや5Gサービス普及に対応する大容量通信ネットワーク技術として期待

NTTは，多値信号の高精度校正を可能とするデジタル信号処理技術および超広帯域な光フロントエンド集積デバイス技術により，1波長当り毎秒1テラビットを長距離伝送する波長多重光伝送実験に世界で初めて成功しました．

NTTは，独自の多値信号の高精度校正技術と超広帯域な光フロントエンド集積デバイス技術を開発し，毎秒1テラビット（シンボルレートとして120ギガボー，変調多値度の高い高品質な64QAM）級の光信号生成に成功し，これを35波長多重して800 kmの伝送に世界で初めて成功しました．現在の実用システムの1波長当り毎秒100ギガビット容量の10倍の伝送速度であり，IoTや5Gサービス普及に向けた大容量通信ネットワーク技術として期待されます．

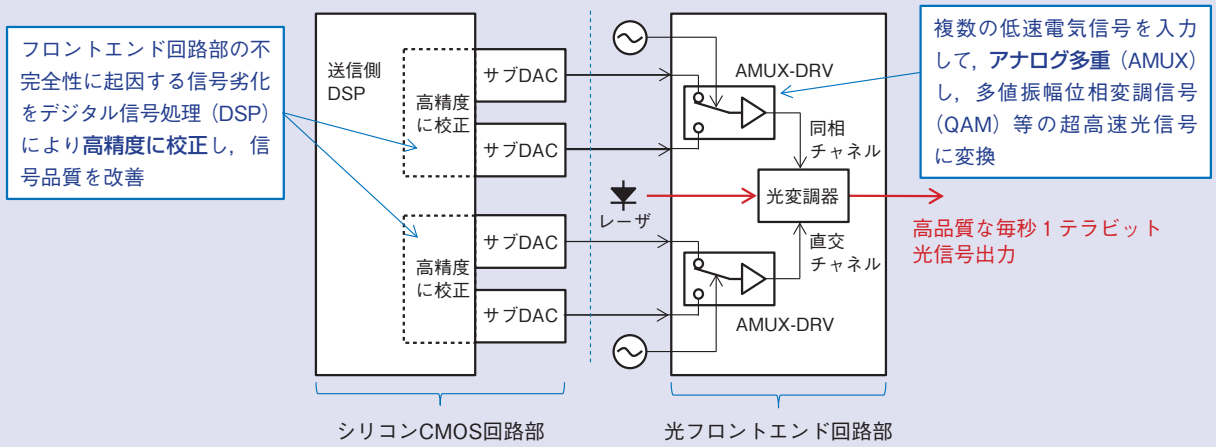
■研究の背景

IoTや5Gサービスなど新しい情報通信サービスの普及に伴い，通信トラフィックは今後も増え続けることが予測されており，基幹系の光通信ネットワークにおいてもさらなる大容量化を経済的に実現することが求められています．経済性の観点では，光信号1波長当りの伝送容量を拡大することが有効であり，信号のシンボルレートを上げ，1シンボル当りの変調多値度を上げることで，1波長当り毎秒1テラビット容量の光信号を複数波長多重した長距離光伝送の実現が望まれていました．

1波長当りの伝送容量を拡大するためには，シリコンCMOSによる半導体回路の速度限界を克服する必要があります．これまでNTTではAMUXを用いてシリコンCMOSの速度限界を打破する帯域ダブラ技術を使った光伝送方式ならびに集積デバイスの研究開発を進めており，100ギガボーを超えるシンボルレートの光信号生成に成功しています．しかしながら，光フロントエンド回路部の不完全性（信号経路長差や信号経路による損失ばらつき等）のため，1波長当り毎秒1テラビットの高速かつ長距離の波長多重伝送が可能な品質の光多値信号を生成することは困難でした．

■研究の成果

今回，独自の多値信号の高精度校正を可能とするデジタル信号処理技術および超広帯域な光フロントエンド集積デバイス技術（**図**）により，1波長当り毎秒1テラビッ



AMUX-DRV: アナログ多重・変調器ドライバ
DAC: デジタルアナログ変換器
CMOS: 相補型金属酸化膜半導体

図　毎秒1テラビット光伝送を達成した光送信構成

トを長距離伝送する波長多重光伝送実験に世界で初めて成功しました．光フロントエンド回路部に内製InP HBTによるAMUXを用いることにより120ギガボーのシンボルレートを実現し，かつ高精度校正技術により変調多値度の高い高品質なPDM-PS-64QAM光信号生成に成功しました．さらに，これを35波長多重して800 kmの伝送に成功しました．

■今後の展開

これまで世の中で実現が困難であった，高シンボルレート（120ギガボー）の高品質な64QAM級光信号を生成できるので，1波長当り毎秒1テラビットを長距離伝送する大容量波長多重光通信システムの実現が期待されます．現在広く使われている1波長当り毎秒100ギガビットの10倍の伝送速度であり，IoTや5Gサービス普及に向けた大容量通信ネットワーク技術として期待されます．今回，AMUXと変調器ドライバ，光変調器（InP MZM）をハイブリッド集積した多重機能内蔵の光フロントエンドモジュールも実現し，192ギガボーまでのQPSK光信号，および160ギガボーまでの8QAM光信号の生成にも成功しており，今後光伝送実験に適用していく予定です．シリコンCMOSの変調速度限界を打破する超高速光通信向けの基盤技術として，さらなる進化をめざします．

■技術のポイント

AMUXによるアナログ多重機能を光フロントエンド回路部に導入することにより，シリコンCMOS回路部と光フロントエンド回路部の2つの回路ブロック間の電気信号の所要帯域を従来の半分に低減でき，回路実装を容易にすることができます．また，シリコンCMOSの速度限界を超えるシンボルレートの光信号を生成できます．さらに，光フロントエンド回路部の不完全性を高精度に校正する独自技術を導入することにより，64QAMまでの高い変調多値度を持つ高品質な光信号の生成に成功するとともに，800 kmまでの長距離波長多重伝送に成功しました．

◆問い合わせ先
NTT先端技術総合研究所
広報担当
TEL　046-240-5157
E-mail　science_coretech-pr-ml@hco.ntt.co.jp
URL　http://www.ntt.co.jp/news2019/1903/190307a.html

デジタル信号処理技術とアナログ回路技術の融合による超高速光伝送

研究者紹介

中村　政則
NTT未来ねっと研究所
フォトニックトランスポートネットワーク研究部　光伝送方式研究グループ
研究員

光ファイバの伝搬中に生じる物理現象に起因した波形劣化を，デジタル信号処理により補償するデジタルコヒーレント技術は，光伝送の大容量化・長距離化に大きな進展をもたらしました．私が入所した2013年には，デジタルコヒーレント技術を用いた毎秒100ギガビットの波長多重伝送システムがすでに実用化されており，さらなるデジタル信号処理技術の発展が期待されていました．今回の毎秒1テラビットの波長多重伝送実験において，アナログ回路の機能をデジタル信号処理でアシストすることにより，従来の技術では達成が不可能であった超高速の信号生成を可能にする帯域ダブラ方式を新たに考案しました．こうした超高速信号の生成においては，理想的なデバイスと実際のデバイスの差分が問題になります．一般にアナログ回路には，少なからず理想からのずれや個体ばらつきが生じてしまいます．こうした理想からのずれや個体ばらつきをデジタル信号処理によって補うためには，理想的な状態との差分を詳細に把握する必要があります．そのため，測定データを詳細に解析することにより実際の送受信機中で生じている信号品質劣化のモデルを構築しデジタル信号処理によって補償することで，帯域ダブラ技術が持っているポテンシャルを最大限に引き出すことに成功しました．毎秒1テラビットの波長多重伝送の実証は大きなマイルストーンだと考えていますが，世界中のネットワークトラフィックは今後も増大を続けると予想されているため，引き続きさらなる光伝送の高速化をめざし，新技術を開拓していきます．