

令和2年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「次世代自動車ハンズフリー通話システムのための
音声強調信号処理技術の研究開発」

研究開発成果等報告書

令和3年4月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 ファーフィールドサウンド株式会社

目次

第1章 研究開発の概要	3
1. 1 研究開発の背景・目的.....	3
(用途1：通話)	3
(用途2：インカーコミュニケーション)	4
(用途3：音声認識)	4
1. 2 課題の設定.....	6
(課題①：次世代高音質ハンズフリー)	6
(課題②：世界標準規格準拠)	6
(課題③：高性能マイクロホンアレー)	7
(課題④：インカーコミュニケーション)	8
(課題⑤：ノイズサプレッサ改良)	9
1. 3 目標の設定.....	9
① 次世代高音質ハンズフリー	9
② 世界標準規格準拠.....	10
③ 高性能マイクロホンアレー	10
④ インカーコミュニケーション.....	10
⑤ ノイズサプレッサ改良.....	10
1. 4 研究体制.....	11
1. 5 成果概要.....	12
1. 6 当該研究開発の連絡窓口	13
第2章 本論	14
① 次世代高音質ハンズフリー	14
② 世界標準規格準拠.....	14
③ 高性能マイクロホンアレー	16
④ インカーコミュニケーション.....	19
⑤ ノイズサプレッサ改良.....	20
第3章 全体総括	23
3. 1 複数年の研究開発成果.....	23
3. 2 研究開発後の課題・事業化展開.....	25
3. 3 謝辞	26

第1章 研究開発の概要

1. 1 研究開発の背景・目的

自動車内の音声対話アプリケーションは、ハンズフリー通話や緊急時自動通報システム (eCall)、音声認識、乗員間の会話を補助するインカーコミュニケーション (ICC) など、広がりを見せる。2020 年にサービスが始まった第5世代 (5G) 移動体通信網を利用したコネクテッドカー、自動運転等による無人のタクシー・宅配カー・高齢化過疎地域通勤者、ライドシェア等、全く新しいタイプの自動車が近い将来登場すると予想され、それに伴いサービスセンター、音声認識サーバー間の音声対話も飛躍的に増加すると言われる。

(用途1：通話)

車の運転中に、携帯電話網を介し車外の相手とマイクとカーオーディオを用いて通話できる車載ハンズフリー通話システムは、15 年程前から普及が始まり、今や純正カーナビのほぼ全てに搭載され、カーラジオ並みに不可欠な存在として利用されている。図 1-1 に示すように、車載ハンズフリー通話には、スピーカーで鳴らす相手の音がマイクに入り、エコーとして相手に帰るのを防ぐエコーキャンセラと、走行雑音を抑圧するノイズサプレッサの音声信号処理が必須となる。自動車メーカーは顧客の要望を受け、160km/h 超で走行していても良好な通話をしたいという、永遠に達し得ないと思える目標を掲げる (後述の課題⑤)。

実際、彼らのそうした厳しい要求にある程度でも応えられるミドルウェアサプライヤーはファーフィールドサウンド株式会社を含め世界で数える程しかない。

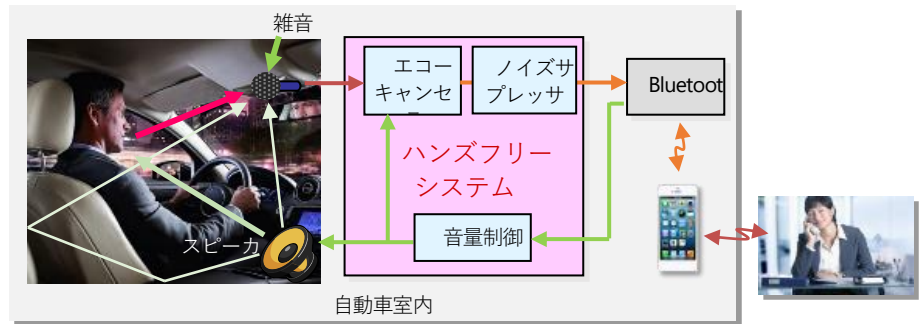


図 1-1 ハンズフリー通話システム

車載ハンズフリー通話規格は、移動体通信規格と共に高度化している。一般的な固定電話網と同じナローバンド音声に始まり、4G (と一部の 3G) でワイドバンドが、次世代の 5G 規格では、MP3 相当のスーパーワイドバンドや、CD を凌ぐフルバンドが採用され、映像との同時通信を行えばハイビジョン放送並みの高品質双方向テレビ電話が実現する (課題①)。図 1-2 は、各規格で伝送可能な音声スペクトルの範囲を表す (課題②)。

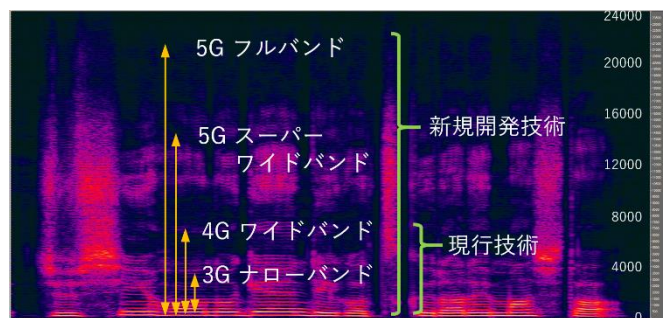


図 1-2 音声スペクトルと各種規格の周波数帯域

自動車メーカーやヘッドユニット (カーナビ) メーカー各社は、次世代 5G 規格対応の検討を始めたが、まだそれに対応する音声信号処理技術を提供できるベンダーはなく、その登場が待たれている。特にエコーキャンセラの演算量は帯域幅の 2 乗に比例すると言われ、現行の 9 倍に膨れ上がる演算量の抑制が大きな課題となる (課題①)。

eCall は、2014 年ロシアで ERA-GLONASS 規格が、2018 年 EU で ITU-T (国際電気通信連合) 規格が義務化された。日米では、民間主体に同様のサービスが行われているが、今後世界規模で義務化が進むと予想されている。通話の仕組み自体は通常の通話と変わらないが、過酷事故でも動作するよう、装置が頑丈な容器に入れられたり、ダッシュボードの奥底に設置されたりするため、難しい調整が求められる。また、ERA-GLONASS は、走行中に手動で起動することが可能なため、走行雑音に応じた自動ボリューム制御も必要となる (課題②)。

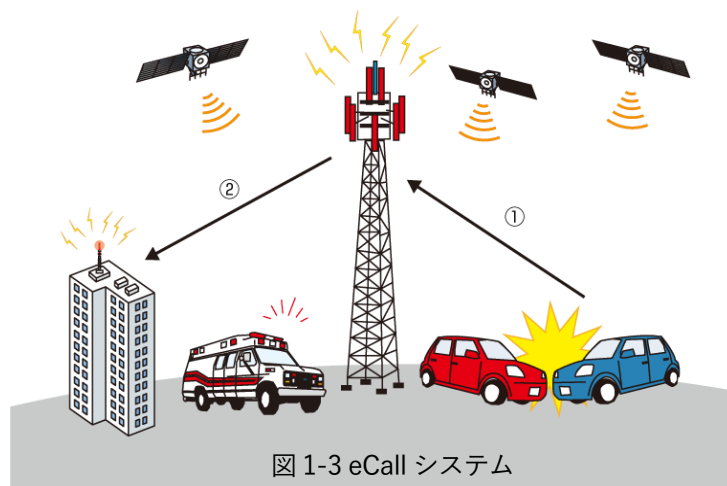


図 1-3 eCall システム
 ①事故発生と同時に、エアバック等とのシステムと連動して、GPS(GNSS)による事故発生の正確な位置情報から対象者のタイプまで、最寄りの緊急コールセンターへ自動的に送信されます。(主導送信も可能)
 ②緊急コールセンターでは、通報を受けると同時に自己現場をスクリーン上に表示され、オペレータにより対象車(所有者)へ連絡。その際、反応がない場合にはエマージェンシーサービス(警察や消防)と連動し、現場へすみやかに誘導します。

(用途 2 : インカーコミュニケーション)

近年、一部の高級車にインカーコミュニケーション (ICC) と呼ばれる乗員同士の会話を補助する拡声機能が搭載され、その利便性から今後急速に普及が進むと見込まれる。

ICC の端的な例は、走行中のドライバーと後席者との会話で、ドライバーは後席者の声を聞き取れる一方、後席者は常に前方を向いて話すドライバーの声を聞き取るのが難しい。そこで、ドライバーの声をマイクで拾い、それを後席者のスピーカーで再生する (図 1-4)。更に後席にもマイクを取り付け前席スピーカーで再生する双方向 ICC は、後席者は高速走行時でも声を張り上げる必要が無く快適である。ワンボックスカーの 3 列目シートとの会話に至っては、ICC が無ければ不可能。しかし、狭い空間に相手のスピーカーやマイクが配置され音響的結合が強くハウリングが発生しやすいため、音量確保が非常に困難で、反響感も生じやすい (課題③、④)。



図 1-4 インカーコミュニケーション利用イメージ

(用途 3 : 音声認識)

音声コマンドでカーオーディオやカーナビの操作をしたり、インターネットで近郊のレストラン情報を検索したりといった機能を実現する。

2014 年頃から Apple は CarPlay、Google は Android Auto なるスマートホンとヘッドユニット (カーオーディオ・カーナビ) の接続規格を定め、カーナビの頭脳をスマートホンで代替する戦略に出た。ヘッドユニットは、も

はや頭脳の要らない「ディスプレイオーディオ」と呼ばれる GUI 画面だけでカーナビになる。従来はカーナビメーカーが独自に実装していた音声認識エンジンも、クラウド AI 型音声認識エンジンに代わり、性能も飛躍的に向上している。一方で、スピーカーで流れる音楽のエコーキャンセラや同乗者の声を抑圧するビームフォーマー（課題③）はローカルでしかできず、音声認識タスクが高度化する程その期待は高まる。

国内の川下企業に当たるヘッドユニットメーカーは、これまで日本の強い自動車、オーディオ・電子機器産業を背景に、アルパイン、パイオニア、クラリオン、パナソニック、三菱電機、デンソーテンらが世界規模で活躍してきたが、その地位は年々脅かされている。お家芸だった高級カーナビのボリュームゾーンはディスプレイオーディオに置き換わりつつあり、単価は下がり、特段技術を持たない新興企業の参入を許している。今後 IT 技術との融合を図る音声インターフェース等周辺機能で最新機能・規格対応、最高性能を出し続けなければ、業界は一気に衰退してしまう。更に川下の自動車そのものの魅力につながることは言うまでもない。そういった点でも本研究開発テーマは大きな意義がある。

以上の議論を踏まえ、本事業のテーマに位置づけるファーフィールドサウンド株式会社の次世代製品「CABIN」シリーズの技術開発目標を表 1-1 のとおり定めた。2019 年に初期バージョンの試作評価キットのリリース、客先での評価、改良を経て、2020 年度中の採用、2021 年度量産を目指す計画である。なお、3 番目の音声認識の用途については、検証作業も含めた開発規模が大きいことから、今回の直接的テーマとはしないが、必要とされる技術に共通点が多く、間接的ながらも、他の研究開発成果が音声認識の目標達成にも大いに寄与する。

表 1-1：用途別技術開発目標

音声用途	現行技術	CABIN 目標技術
	4G, (3G)	5G
ハンズフリー 通話	ナローバンド(NB) 8kHz、 ワイドバンド(WB) 16kHz、モノラル	スーパーワイドバンド(SWB) 32kHz、 フルバンド(FB) 48kHz、ステレオにも対応 eCall (緊急通報、2018 年 EU 義務化)
インカーコミュニ ケーション	一部のプレミアムカーにのみ搭載 片方向通話のみ 音量小さく実用性低い	既存カーオーディオ用い大衆車に搭載 双方向にも対応 音量は十分
音声認識 (本研究開発対 象に含まず)	運転者のみ対応 単発のコマンド & コントロール カーナビメーカーが独自実装	乗員全員が利用可能 自然な対話の認識が可能 IT 大手のクラウド音声対話エンジン使用

これらの目標は、中小ものづくり高度化指針における以下に該当する。

- (二) 情報処理に係る技術に関する事項
 - 1 情報処理に係る技術において達成すべき高度化目標
- (4) 川下分野特有の事項
 - 3) その他の分野に関する事項
 - b. 自動車分野に関する事項
 - ①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ
 - ア. 当該技術の活用による自動車の高性能化・高機能化

1. 2 課題の設定

上述の目標を達成する上で、従来技術が抱える各課題とそれを解決する新技術の比較を表 1-2 に示す。

表 1-2：従来技術と新技術の比較

テーマ		他社従来技術	本事業で目指す新技術
①	次世代 高音質ハンズフリー	サンプル周波数 = 8, 16kHz、モノラルのみ対応 AM ラジオ程度の音質	8, 16, 24, 32, 48kHz、ステレオの全てに対応 CD 並みの高音質
②	世界標準 規格準拠	準拠可能の証明無し 最新 5G 規格 (P.1120) や eCall は誰もが未経験	HEAD acoustics 社評価測定装置導入 ITU-T P.1100, P.1110, P.1120, P.1140, ロシア ERA-GLONASS の全てに準拠
③	高性能 マイクロホンアレー	マイク配置に大きな制約 三角マイクモジュールに対応せず 指向性制御できず低性能	マイク配置に強い制約なし 三角マイクモジュールに対応 通話時の特定雑音、音源を抑制
④	インカー コミュニケーション	一部のプレミアムカーに専用装置として搭載 ハウリング発生のため音量上がりず実用性低い 双方向通話は不可	既存カーオーディオで快適な双方向 ICC を実現 実用上十分な音量 必要な時のみ自動作動
⑤	ノイズサプレッサ改良	定常雑音のみ抑圧	風雑音や対向車音、ウィンカー音等の非定常雑音も含め高性能に抑圧

(課題①：次世代高音質ハンズフリー)

ITU-T (国際電気通信連合) の P.1120 は、2017 年に標準化された 5G 対応の車載ハンズフリー通話規格で、音声サンプリング周波数が現行の 16kHz から最大 48kHz に広がる他、将来はステレオにも対応。これにより CD を上回る高音質の双方向通話を実現する。自動車メーカー、ヘッドユニットメーカー各社は、既にその検討を始めている。演算量が爆発的に増加するのが最大の課題。その支配的要因がエコーキャンセラーで、その演算量はサンプル周波数の 2 乗に比例するため、現行の 16kHz から 48kHz に引き上げると、 $3 \times 3 = 9$ 倍、ステレオ対応でマイクが 2 つになると更に 2 倍、スピーカーが 2 つになると更に 2 倍。共通部分を省略しても、全体の演算量は現行ワイドバンドの 20 倍に膨れ上がる。FPU 付 CPU のインストラクションサイクルでは、現行ワイドバンドが 100MHz なので 2GHz が必要。このままでは大幅なハードウェア増強が必要になり、顧客の理解を得るのは難しい。

これに対し、ファーフィールドサウンド株式会社は独自のサブバンド信号処理技術を採用し、聴覚特性に基づいた高音域の処理簡略化も組み合わせ、フルバンドモノラル通話時に同 2.5 倍 (250MHz)、ステレオ通話時に 1GHz を十分下回る見通しを得ていることから、実用化が視野に入る。

(課題②：世界標準規格準拠)

自動車業界にとって、新規サプライヤー製品を採用する上で性能保証は殊のほか重要で、表 1-3 に示す ITU-T の世界標準規格に基づく評価手法で性能準拠を実証しておくことは必須。ここ数年で 2 種類から 5 種類程に急増し

ている。ドイツ HEAD acoustics 社が世界で唯一これら規格に準拠した評価測定装置を販売する。2,000～5,000 万円超と高額だが、導入してファーフィールドサウンド株式会社製品を正しく評価、調整し、規格準拠性を確立しておくこと、効率的な評価環境の構築しておくことは極めて重要である。

表 1-3：ITU-T 国際車載ハンズフリー通話評価規格

規格名称	内容
P1100	8kHz サンプリング ナローバンド音声 (2G)
P1110	16kHz ワイドバンド音声 (3, 4G)
P1120	32 kHz スーパーワイドバンド, 48 kHz フルバンド音声 (5G)
P1140	8kHz, (16kHz) eCall, 緊急時自動ハンズフリー通報システム。
(ERA-GLONASS)	ITU-T とは別の、2014 年ロシア GOST が策定した世界初の eCall 規格。
(P1150)	ICC (2018-2020 年に標準化作業)

表中の赤字は新しい規格であり、カーナビメーカーもほとんど経験がないため、顧客を適切に指導しスムーズな技術導入を支援することも肝要。

5G 対応の P.1120 はまだ誰も経験していない。

eCall の P.1140 は、2018 年から EU で義務化された新しい eCall 規格で、基礎部分は通常のハンズフリー通話と同じだが、過酷事故にも耐えうる構造とするために、ダッシュボードの奥底に配置する等、音響条件が悪く、後席者の声も拾う、環境音を抑圧しすぎないなどの新たな観点のパラメータ調整も必要。ERA-GLONASS は、2014 年にロシアが世界で初めて標準化した eCall 規格で、走行中にボタンを押して通話する機能があり、その自動的に走行雑音に適したスピーカー音量の調整が必要で、従来製品では対応できていない。

P.1150 は ICC の性能評価規格の略称で、2018 年 8 月に ITU-T Study Group 12 内にワーキンググループが発足、数年後の標準化を目指す。その他、P.1120 のステレオ化対応、eCall のワイドバンド化対応なども随時改訂される。ファーフィールドサウンド株式会社もそれら ITU-T の標準化作業に参加、業界全体の品質、信頼性向上、国内業界の正しい運用に貢献することを目指す。なお、本研究のプロジェクトリーダーの石川氏は、ITU-T 標準化会議への数多くの参加経験を持つ。

(課題③：高性能マイクロホンアレー)

プレミアムカーを中心に、2つ以上のマイクを使い、ビームフォーマーと呼ばれる指向性制御技術で、走行雑音の抑制や、音声認識時にドライバーの声のみを抽出するといった用途が実用化されつつある。ドライバーと助手席の間のマップランプ周辺にマイクを 2 つ配置し、単純なビームフォーマーを適用する例



図 1-5 本格的アレーマイクと一般的なマイク

が多かったが (図 1-5 右)、効果は限定的だった。一方、特殊な音響構造を持つ本格的アレーマイクモジュールは指向性が高く雑音抑圧性能も高いが、かさばり設置が困難 (同左)。これに対し、高度な信号処理技術で特性を向上させる方法があるが、演算量と性能のバランスが取れず、マイクモジュールに専用チップで実現した例では、非線形性を生じ後段のエコーキャンセラの性能を著しく劣化させてしまう問題があった。

ファーフィールドサウンド株式会社は、近年国内で開発された優れたブラインド音源分離 (BSS) 技術を適用することで、一般的なマイクで優れた性能を実現する。これは、各音源からそれぞれのマイクへの伝達行列を推定し、その逆行列をマイク信号に適用することで、元の音源信号に分離するというもの (図 1-6)。単純な指向性制御とは異なり、様々な方向から反射する成分も考慮されるため、反射の多い車室内環境での分離性能として固定ビームフォーマーより格段に優れる。これまで、BSS は演算量が多く実用化は不可能とされていたが、6 年程前に小野順貴教授 (当時国立情報学研究所、現首都大学東京) により、AuxIVA なる高速で優れたアルゴリズムが開発された。ファーフィールドサウンド株式会社はそれに更に演算量を低減するなどしてリアルタイム性に改良を加えた独自技術を開発、実用化に目途をつけた。残念ながら一般的アルゴリズムと同様、十分な性能を確保しようとすると遅延が多く、用途が音声認識に限定される。この課題解決を目指す。

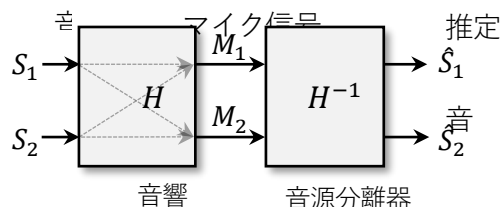
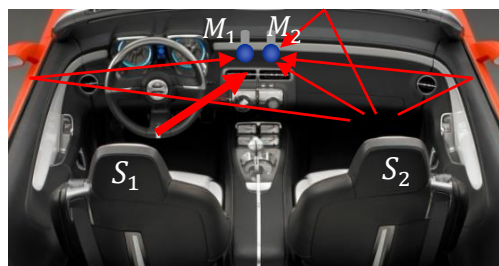


図 1-6 ブラインド音源分離器

(課題④：インカーコミュニケーション)

ICC は、スピーカー再生音に加え相手の声が直接聞こえることから、わずかな遅延でも声が二重にエコーがかって聞こえてしまう他、ハウリング抑制のためにエコーキャンセラを適用したくても、目的音とスピーカー音がほとんど同一のため利用が困難など、ハンズフリー通話で一般的に使われるような技術がほとんど使えない難しいテーマである。ファーフィールドサウンド株式会社は独自のエコーキャンセラ技術を開発することで、この問題の解決に成功、耳元近くに専用スピーカーを設置せずとも、一般的なオーディオ用ドアスピーカーで、しかも双方向でも、十分な音量が確保できる。

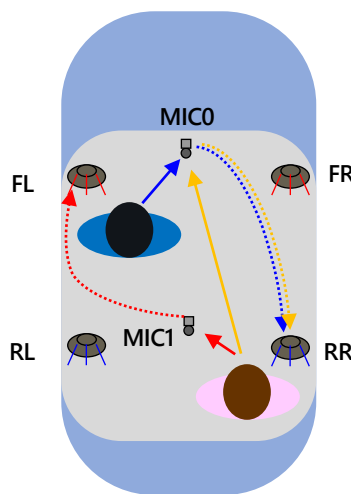


図 1-7 双方向 ICC

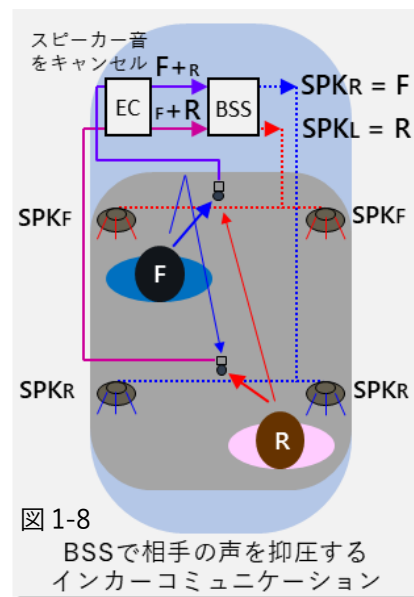


図 1-8 BSSで相手の声を抑圧するインカーコミュニケーション

更なる課題として、2 列シートのような狭い空間で双方向 ICC をすると、自分の声が相手のマイクにも入り自分のスピーカーでも再生されるため (図 1-7 オレンジ線)、車室内全体が反響し不快感を覚える。先のブラインド音源分離技術が適用できるなら、前後のマイク間で適用することで、自分の声が相手のマイクに入る成分の抑制が可能となり、反響感が改善される。一般的な BSS は非常に演算量が重く、しかも遅延も大きいため、未だかつて使われたことはないが、この実用化を目指す。

図 1-8 は、エコーキャンセラ（EC）と BSS を組み合わせて使用する様子を示したものである。EC でスピーカ一音をキャンセルしただけでは、F+R, R+F のように相手の声が小さいながらも混入している。それらを BSS で F, R に分離してからスピーカ再生することで反響感を抑制する。

また、DNN で精度の高い音声検知ができるようになると、乗員間の会話を検知して ICC を自動的にオン・オフする機能が実現可能になる。

（課題⑤：ノイズサプレッサ改良）

一般的なノイズサプレッサの原理は、定常的なスペクトル成分を雑音とみなしスペクトル減算するというもので（図 1-9）、ここ 10 年技術は頭打ちだった。

ところが最近、DNN 技術でその壁を超えられると期待されている。音声と各種雑音のスペクトルをモデル学習させ、雑音が混入した音声から人の声を分離することで、特に従来困難だった風雑音やクラクションなどの非定常雑音に十分な効果が得られると考えられる。ファーフィールドサウンド株式会社はその実現を目指す。DNN をノイズサプレッサに適用した実製品はまだ知られていない。演算量が極めて多いためと考えられる。何らかの方法で演算量を商用レベルに抑えることが不可欠。図

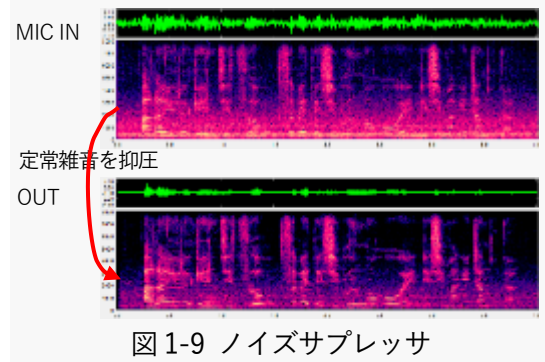


図 1-9 ノイズサプレッサ

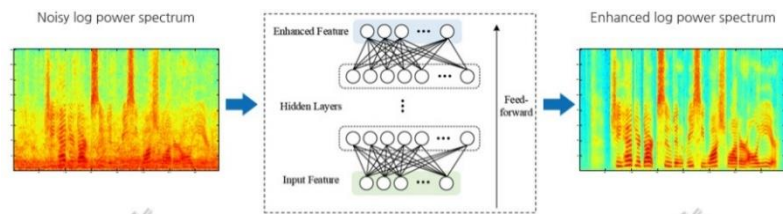


図 1-10 DNN ノイズサプレッサ

1-10 は、雑音交じりの音声スペクトルを DNN に入力し、クリーンなスペクトルを出力するイメージ図である。

1. 3 目標の設定

自動車内ハンズフリー音声通話、対話に係る具体的な高度化目標および技術的目標を次のように定めた。これは中小ものづくり高度化指針における以下に該当する。

（二）情報処理に係る技術に関する事項

1 情報処理に係る技術において達成すべき高度化目標

（4）川下分野特有の事項

3) その他の分野に関する事項

b. 自動車分野に関する事項

②高度化目標

ア. 自動車の高性能化・高機能化に関する技術の高度化

① 次世代高音質ハンズフリー

①-1 5G 対応 CABIN エンジン開発

スーパーワイドバンド、フルバンド、ステレオへの対応を実施、それぞれ 15kHz、23kHz までの音声通過帯域

確保を実現。演算量を現行比でモノラル時 2.5 倍 (250MHz)、ステレオ時 8 倍 (800MHz) 以内に抑制。

①- 2 実車評価デモ環境構築

5G 相当のスーパーワイドバンド、フルバンド音声通話の実車評価・デモ環境を構築。②- 2 のための測定環境も構築。

② 世界標準規格準拠

②- 1 評価装置導入、評価環境構築、評価実験

評価装置を導入し、開発した CABIN エンジンを用いた各規格の測定評価実験環境を構築。

②- 2 5G 対応

P.1120 規格の測定評価実験を実施、パラメータ調整、改良を経て準拠の検証作業を実施。

②- 3 eCall 対応

P.1140, ERA-GLONASS 規格の測定評価実験を実施、パラメータ調整、改良を経て準拠の検証作業を実施。

②- 4 標準化会議参加

年数回行われる、P.ICC や P.1120 改定などの ITU-T 車載ハンズフリー通話標準化会議に出席、規格標準化に貢献するとともに、国内関係者への普及に努める。

③ 高性能マイクロホンアレー

③- 1 三角配置ビームフォーマー設計

3 マイク固定ビームフォーマーで、従来型 2 マイクを上回る、走行雑音下で 5dB 以上の SNR 改善を実現。

③- 2 サブバンド領域 BSS アルゴリズム開発

AuxIVA ベースの現行 BSS アルゴリズムをサブバンド領域で実現、現行音声認識用と同等性能を実質的遅延増加無しに実現。低遅延の条件下で性能を比較すると、図 3-1 の現状方式で低遅延化→目標ラインの改善に相当。

③- 3 C プログラム実装、リアルタイム実証

上記アルゴリズムを C プログラム実装、実証する。

④ インカーコミュニケーション

④- 1 BSS 適用

双方向時の他方からの音声を抑え反響感を体感上半減 (残響成分を 6dB 以上低減)。

④- 2 会話検知型自動起動機能

会話を検知し、自動で ICC を起動。

⑤ ノイズサプレッサ改良

⑤- 1 DNN ベースノイズサプレッサアルゴリズム開発

風雑音、対向車音等の非定常雑音を 9dB 以上抑圧 (定常雑音抑圧が通常 12dB なのに基づく)。

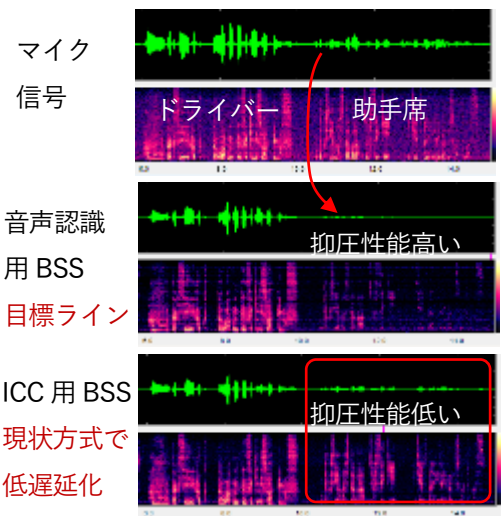


図 1-11 BSS 現状と目標

⑤-2 非定常雑音トレーニングデータ拡充

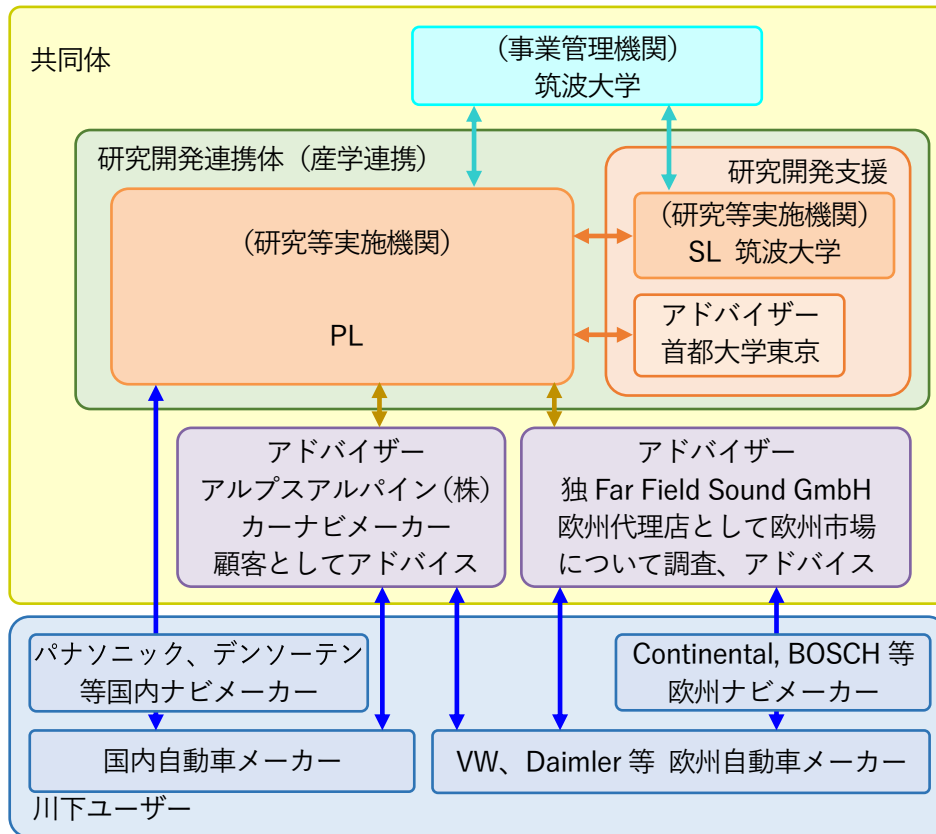
定常・非定常雑音双方のトレーニングデータを増やし、それらに対する雑音抑圧性能も備える。

⑤-3 Cプログラム実装、リアルタイム実証

上記アルゴリズムをCプログラム実装、実証する。演算量はフルバンドで1チャンネル当たり50MHz以下とする。

1.4 研究体制

研究体制図を以下に示す。



主要機関の窓口担当者は以下の通り。

事業管理機関：筑波大学 猿田 正志

研究実施機関：ファーフィールドサウンド株式会社 石川 洋児 (PL)

研究実施機関：筑波大学 牧野 昭二 (SL)

アドバイザー：アルプスアルパイン株式会社 細岡 正人

アドバイザー：独 Far Field Sound GmbH, Prof. Tim Fingscheidt

Far Field Sound GmbH については、コロナ禍で日本からのサポートが不可能となったことから、活動を停止した。

1. 5 成果概要

5つの研究テーマごとの研究成果の概要を下表に示す。

テーマ		本事業で目指した新技術	成果
①	次世代 高音質ハンズフリー	現行の8, 16, 24 kHzモノラル通話に加え、32, 48kHzステレオも実現 CD並みの高音質	8~48kHzステレオの全てに対応、高音質、高臨場のハンズフリー通話を実現。複数話者同士の会話が極めて聞き取りやすく快適。しかも4ゾーンマイク入力を現実的な演算量で実現。
②	世界標準規格準拠	HEAD acoustics社評価測定装置導入 ITU-T P.1100, P.1110, P.1120, P.1140, ロシア ERA-GLONASSの全てに準拠	左記の全てに準拠するHEAD acoustics社評価測定装置を導入。CABINを使った実車評価測定を実施、良好な結果を得た。 標準化会議に参加、P.1150 (ICC)の成立等に貢献。
③	高性能マイクロホンアレー	マイク配置に強い制約なし 三角マイクモジュールに対応 通話時の特定雑音、音源を抑制	三角マイクモジュールで指向性を任意に制御する設計手法を確立。狭小マイクアレーでも、分散配置マイクでも高性能な音源分離を実現。 特定話者のみの通話、音声認識を実現。
④	インカーコミュニケーション	既存カーオーディオで快適な双方向ICCを実現 実用上十分な音量 必要な時のみ自動作動	左記目標通り実用上十分な音量の快適な双方向ICCを実現。BSSで反響感の低減にも成功。 DNN開発が遅延し自動作動は実現しなかったが、代わりに音声コマンドでの起動を実現
⑤	ノイズサプレッサ改良	風雑音や対向車音、ウィンカー音等の非定常雑音も含め高性能に抑圧	現状アルゴリズムを凌駕する性能で、非定常雑音に対しても高い効果を発揮するDNNベースノイズサプレッサのアルゴリズム開発に成功。 ただし、リアルタイム処理可能なプログラム実装までには至らず。 今後更に1年ほどかけ、実用化を目指す。

以上の研究成果をもとに、当社のミドルウェア製品CABIN 1~3シリーズのエンジン、およびWindows SDK (ソフトウェア開発キット)を開発、それぞれ潜在顧客への評価試験販売、試作機の受託開発に成功している。CABIN4は2021年に開発販売する計画である。

バージョン	SDK リリース	特長
CABIN1	2018年	32k, 48kHz サンプリング音声対応
CABIN2	2019年	ステレオ通話、4マイク対応
CABIN3	2020年	ビームフォーマー、BSS機能 通話/ICC/音声認識フロントエンド 同時処理マルチモード構造
CABIN4	2021年(計画)	DNN ベースノイズサプレッサ、風雑音抑圧、発話検出

また、これらエンジンを元に、顧客向け、展示会向けデモも開発。以下に出展した大型展示会を示す。

日付	展示会名	主な内容
2018年9月	オートモーティブワールド名古屋	CABIN1 シミュレーションデモ
2019年1月	オートモーティブワールド東京	CABIN2 α 版シミュレーションデモ
2019年9月	オートモーティブワールド名古屋	CABIN2 自動車モックアップデモ 4 マイクフルバンドステレオ通話、双方向 ICC
2020年1月	オートモーティブワールド東京	CABIN3 α 版実車デモ 4 ゾーン音声コマンド制御、座席位置検知、ICC、 ステレオ通話、複数話者音声認識
2021年1月	オートモーティブワールド東京 (Web 上のバーチャル展示併設)	CABIN3 実車デモ 4 ゾーン音声コマンド制御、座席位置検知、ICC、 Alexa を含む複数話者個別同時音声認識

1. 6 当該研究開発の連絡窓口

ファーフィールドサウンド株式会社
 代表取締役 石川 洋児 (プロジェクトリーダー)
 TEL : 050-5305-2634
 FAX : 042-865-1162
 E-mail : ishikawa@farfieldsound.com

第2章 本論

以下に研究テーマ毎の実施内容とその成果を示す。

① 次世代高音質ハンズフリー

①-1 5G 対応 CABIN エンジン開発

サブバンド音声信号処理技術に基づいた技術を適用することで、本来サンプル周波数の2乗に比例するエコーキャンセラの演算量を比例するアルゴリズムに変換、大幅に演算量を低減した。図2-1は、サブバンド信号処理のイメージを示している。

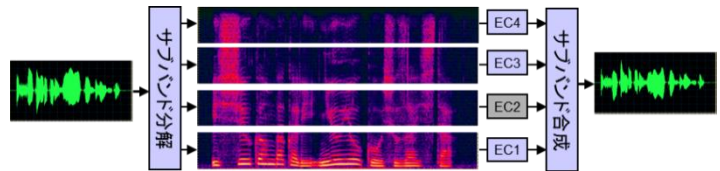


図2-1 サブバンド信号処理のイメージ

実際には音声を 500Hz 幅の帯域に分割、時間間引きをした。加えて聴覚特性に基づいた簡略化を適用、フルバンド時目標の 250MHz 以下に対し、わずか 160MHz で処理できた。更に、4 マイクでステレオ通話を行なうと、エコーキャンセラの総チャンネル数は $4 \times 2 = 8$ チャンネルとなるが、700MHz に収まり十分現実的となった。

①-2 実車評価デモ環境構築

CABIN エンジンを用いたハンズフリー通話や ICC 等のシミュレーション解析、およびリアルタイム実験が行える評価ツールを CABIN Windows SDK (Software Development Kit) として開発、PC と USB オーディオインターフェースを使い簡単に実車ででのリアルタイム実験、デモが可能となった (図2-2)。

一方、走行実験は 5G 移動体通信網の普及の遅れ、携帯端末のフルバンドステレオ規格への未対応が続き、長らく実現しなかった。しかし 2020 年 9 月に米 Zoom 社がフルバンドステレオでの双方向音声通話サービスを開始したこと

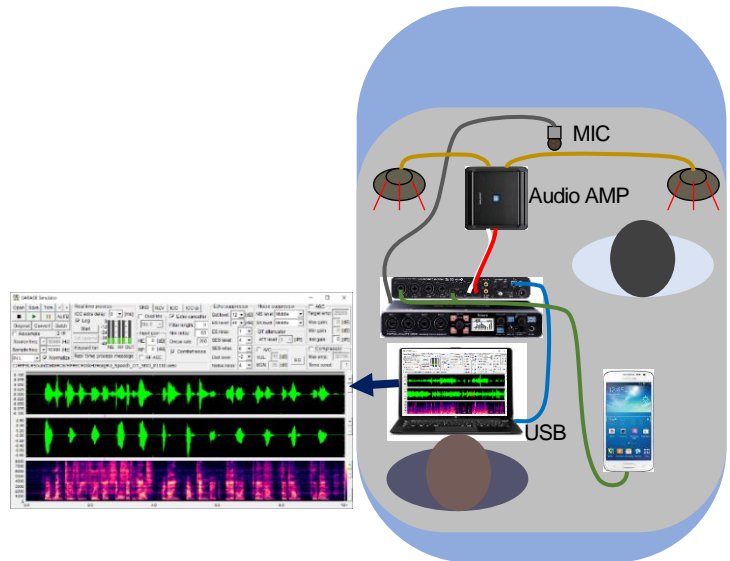


図2-2 リアルタイム実験システム

から、Zoom を用いた走行実験を実施。高音質で高臨場感、複数話者同士の会話がストレスなくでき、極めて快適であることを確認した。

② 世界標準規格準拠

②-1 評価装置導入、評価環境構築、評価実験

世界で唯一 P.1100, P.1110, P.1120, P.1140、ERA-GLONASS の全ての規格に対応した HEAD acoustics 社製評価測定システムを導入、車載ハンズフリー通話システムの評価環境を構築、評価測定、検証作業を実施した。

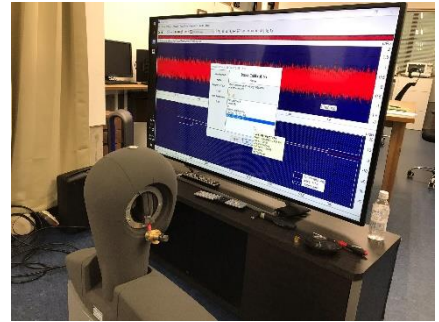
図2-3に導入したシステムの写真とそのブロック図を示す。



HEAD acoustics ジャパンによるセットアップサポート



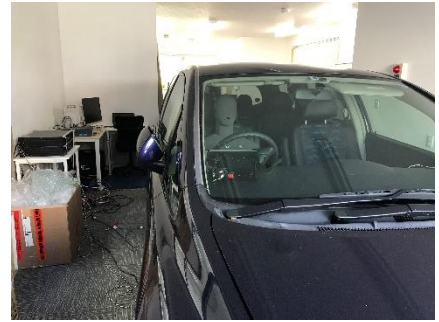
評価測定装置一式



HATS のキャリブレーション



車内の様子



全体の様子

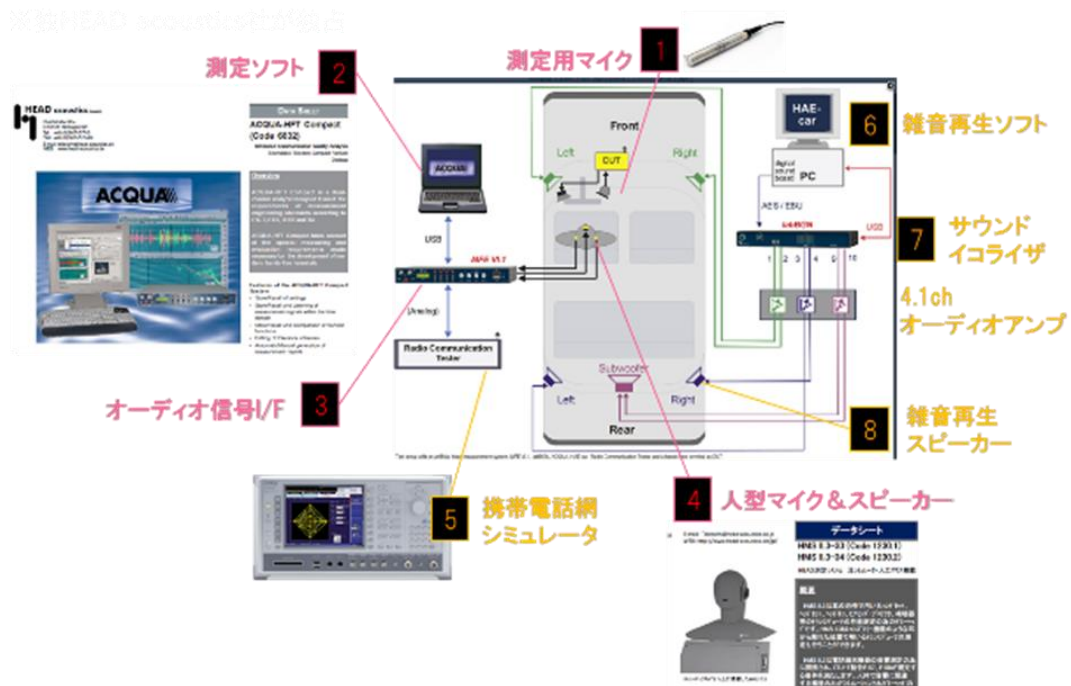


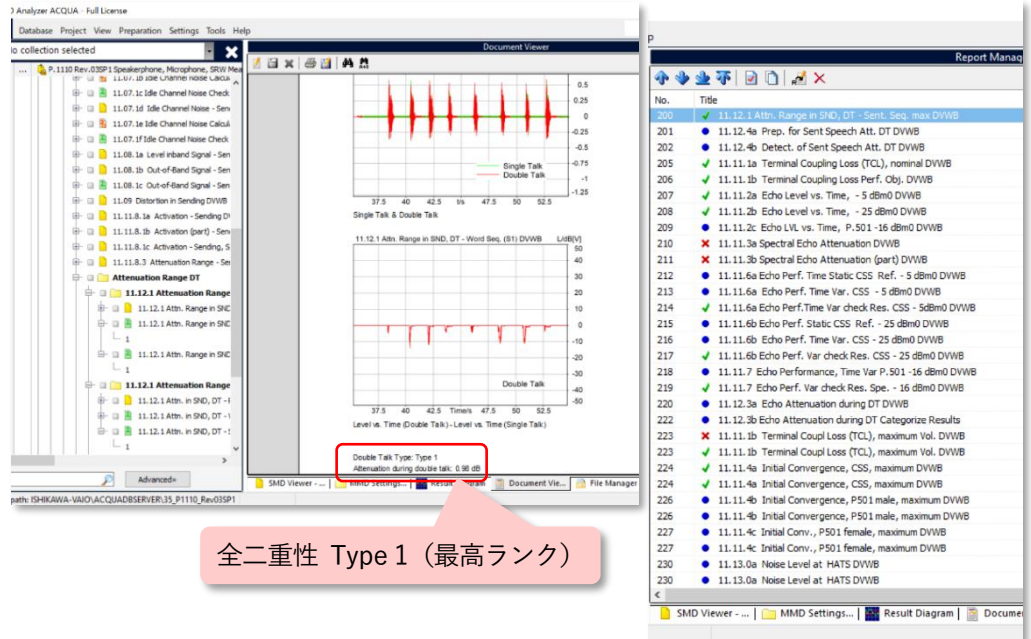
図 2-3 車載ハンズフリー通話規格評価測定システムの実機写真とブロック図

②-2 5G 対応

上記評価測定装置の P.1120 ソフトパッケージを使い、CABIN シリーズエンジンを評価。当初は高価な携帯電話網シミュレーターや Bluetooth 機器の導入が出来ず、測定機器とターゲットヘッドユニットを直接ケーブルで接続、微弱なグラウンドループノイズであっても測定に大きく影響を与えたが、光接続をするなどして多くが解決。次に一例を示すように、最終的には良好な結果を得た。

右図は、測定装置を用いて、信号処理上最も重要とされるエコーキャンセラの全二重性の性能を測った結果を示したものの。最高ランクの Type 1 を獲得 (左)。

数 100 項目の測定を経て (一番右)、規格測定は完了する。



全二重性 Type 1 (最高ランク)

②-3 eCall 対応

eCall 対応では、背景雑音レベルに応じたスピーカー再生音量制御も評価項目に加わった。CABIN のオートボリュームコントロール機能 (図 2-4) で対応可能であることを確認した。

世界最大手のドイツ自動車メーカーが行った eCall 評価ワークショップで、最悪の問題車 (大型商用ワンボックスカーで、内装無く鉄板むき出し、風呂場のような残響) に対しても、当社が最高性能の評価を獲得。

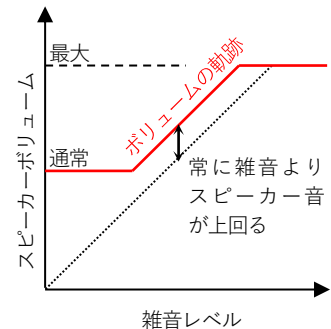


図 2-4 オートボリュームコントロール

②-4 標準化会議参加

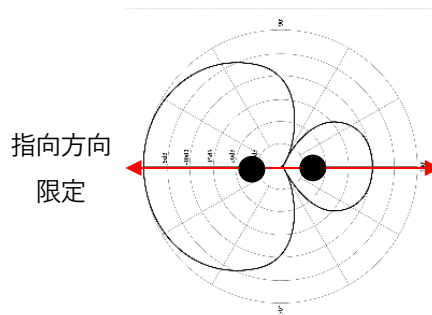
2018 年 9 月、及び 2019 年 10 月にドイツ HEAD acoustics 社で開催された ITU-T の車載ハンズフリー通話系規格標準化会議に参加。その成果として、2020 年に年 P.1150 (ICC) が新規に標準化された他、既公開の規格改良についても議論、業界全体の品質、信頼性向上に貢献した。残念ながら、2020 年以降の標準化会議は、新型コロナウイルスの影響で全て中止された。



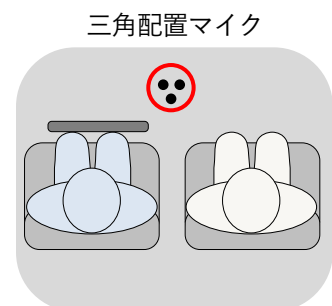
③ 高性能マイクロホンアレー

③-1 三角配置ビームフォーマー設計

現在車載用途で使われ効果があるときされるビームフォーマーは、全て 2 マイクの差動型、あるいは減算型と呼ばれるもので、右図のように 2 つのマイクを貫く方向にしか強い指向性が形成できない。しかし、これでは、マイク素子の設置場所で形成される指



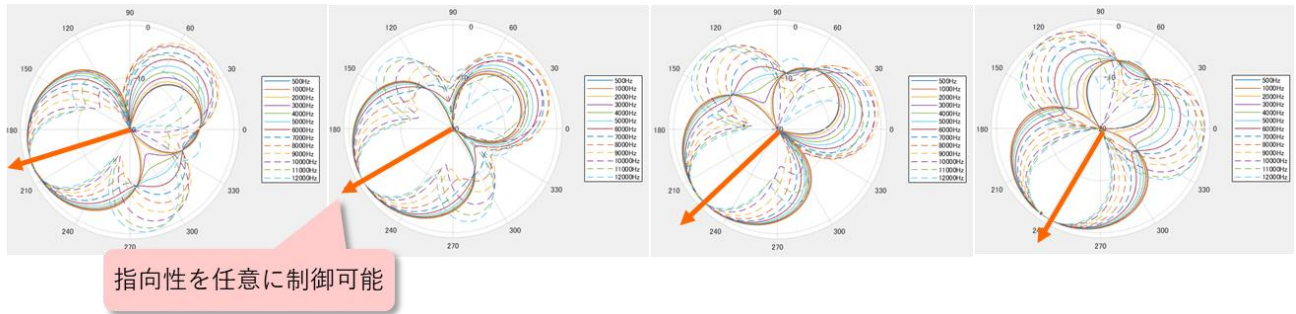
一般的な 2 マイク減算型 BF



三角マイクを設置した様子

向方向と口元の位置が上手く合わない。そこでマイクの素子数 3 本に増やし、三角形に配置された 3 本のマイクで、指向性を制御する依頼を受けるようになった。

検討の結果、MVDR (Minimum Variance Distortionless Response) 方式の設計手法を適用することで指向方向を任意に指定可能な高性能固定ビームフォーマーの設計に成功した。下図は、指向方向を徐々にずらした例である。



③-2 サブバンド領域 BSS アルゴリズム開発

図 2-5 は、音楽や複数の声が混ざっているマイク信号から、ステレオエコーキャンセラで音楽を除去後、ファーフールドサウンド株式会社が開発した周波数ドメイン BSS アルゴリズムを用いドライバーの音声コマンドのみを抽出した様子である。優れた性能を有することが分かる。しかしながら、十分な性能を得るためには分析窓長を通常の 4 倍程度に延ばさなければならず、音声認識用途にしか適用できない。

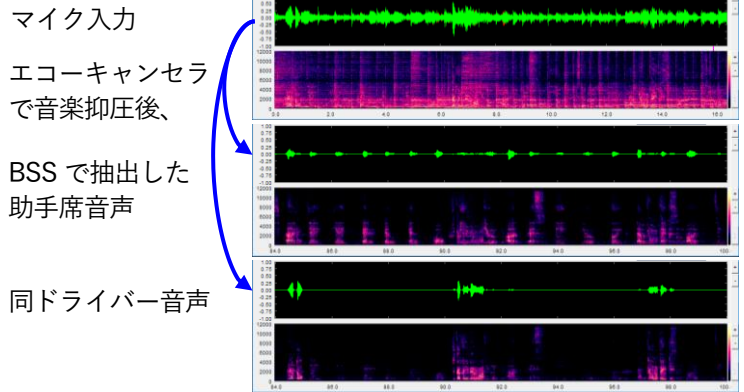
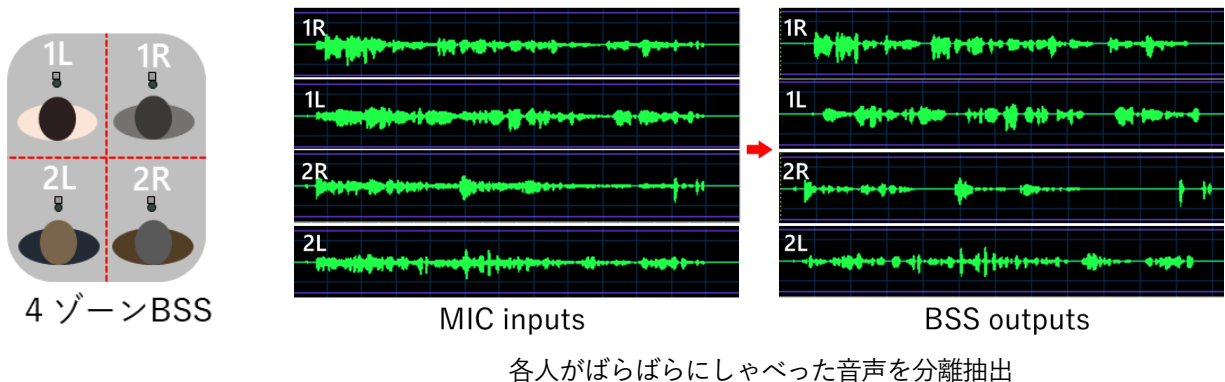


図 2-5 エコーキャンセラと周波数ドメイン BSS で音声を分離抽出

そこで、同様の BSS アルゴリズムをサブバンド領域で実現することで、性能を維持したまま遅延問題の解決を目指した。その結果、世界初となる画期的なサブバンドドメイン BSS アルゴリズムの開発に成功、それまでの CABIN エンジンに新たな遅延を発生することなく、4 チャンネル BSS の実現に成功した。

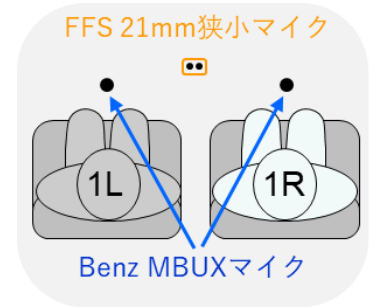
下図はその実車実験の結果を示したものである。下左図に示すように、2 列シート車に 4 本のマイクを設置、1R, 1L, 2R, 2L の乗員が同時にばらばらの文を発声、MIC inputs は 4 本のマイク信号、BSS outputs が話者毎に音声を分離した出力波形である。これを見ても分かるように、4 人の音声がそれぞれきれいに分離されている。



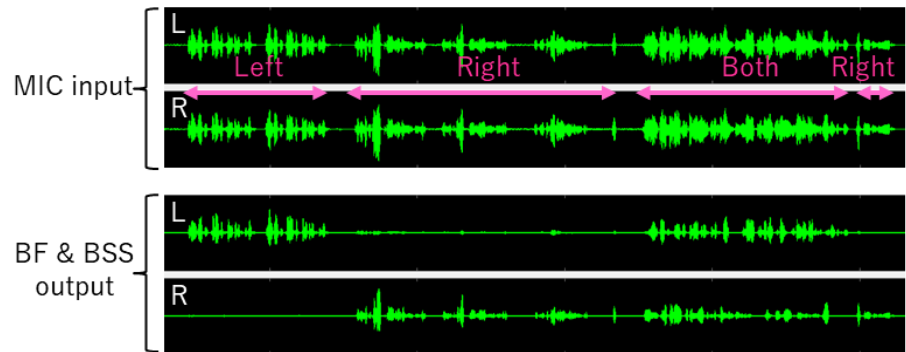
③-3 Cプログラム実装、リアルタイム実証

開発した上記アルゴリズムをCプログラムとしてCABIN3エンジンに実装、2～3マイク素子のビームフォーマーと2～4ゾーンBSSのリアルタイム実験に成功した。このビームフォーマーとBSSはCABIN3の最大の特長となっており、関係各社から高い評価を得た。

一例として、2019年頃から独Daimler社から販売された新しいBenzシリーズに標準搭載され、世界的に高い評価を得ているMBUX (Mercedes Benz User Experience) なる愛称の音声インターフェースとの比較実験を実施した。比較対象車はBenz-A Classで、運転席、助手席用にそれぞれのサンバイザー手前の天井に、合計2個のマイクが搭載されている(右図青字)。近年の欧州高級車に共通する。これに対し、日本の殆どの自動車は製造コストに極めて敏感で、依然1マイクで両席の間に設置する。これを右図オレンジのような21mm間隔の狭小マイクロホンアレイに置換すれば、



コストを抑えて両者の音声を個別処理できるのではないかと期待されている。そこで開発したビームフォーマーとBSSを同時適用したところ、右図のように左右殆ど同じマイク信号(同図上)から、左右の話者の音声を分離(同図下)できることが確認された。



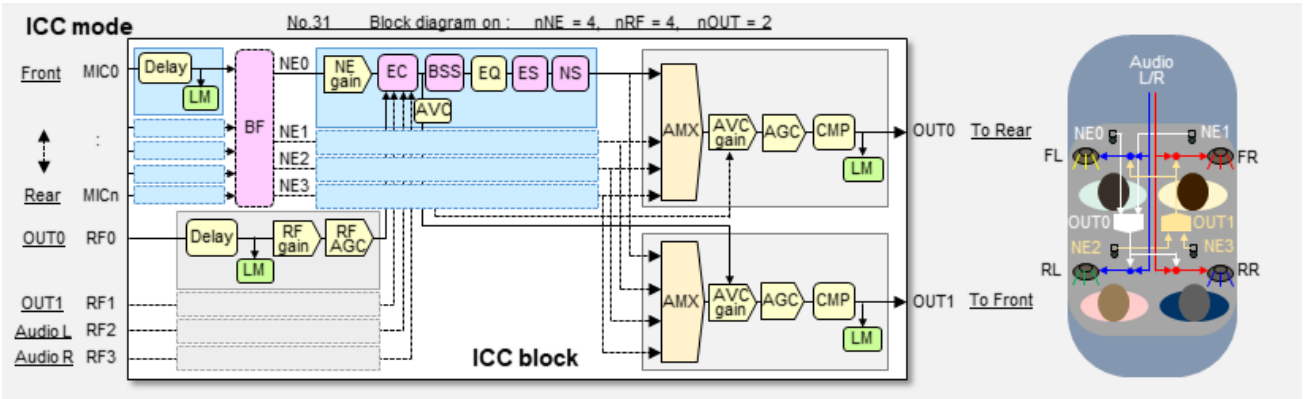
そこで実際の音声認識性能を調べたところ、右グラフの通りとなった。青がMBUX、オレンジがCABIN3+東芝製音声認識エンジンである。同グラフ左は左右の座席位置検出精度で、いずれも100%正解した。同グラフ中央は、ウェイクアップワード認識で、MBUXは「ハイメルセデス」、当社は「マイナビゲーター」と異なるが、いずれも95%以上の十分な性能である。ところが、助手席が「1, 2, 3, ...」と数字を数えて妨害をす



ると、同グラフ右のようにMBUXは認識率が大きく下落するのに対し、当社は90%の実用レベルを維持、当社が大きく勝ることが分かる。以上から、音声認識フロントエンドとして、十分な性能を発揮することが確かめられた。

④ インカーコミュニケーション

CABIN2 で4マイク、4チャンネルエコーキャンセラに対応したことから、次図に示すような本格的な ICC システムの構築が可能となった。その左が音声信号処理の機能ブロック図、右が実車での音声信号パスを示したものである。

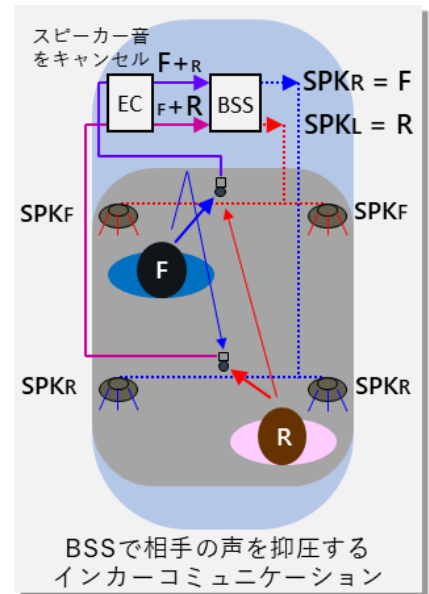


④-1 BSS 適用

ICC は本来自身の声を相手スピーカーのみで再生するのが理想である。双方向ICC を実現する際、3列シート車間ではあまり問題とならないが、2列シート車では、自身の声が相手のマイクにもかなり入るため、自身の声が自身のスピーカーでも大きく再生され、全体的に騒々しくなってしまう。

そこで BSS 技術を適用し、相手側マイクに入る自身の声を分離除去できればこの騒々しさを低減できる。

実際に実験を行ってみると、確かに自身の声が拡声される騒々しさは優位に軽減できることが確認された。音声波形で確認したのが右下図で、確かに相手の音声分離、大きく抑圧されていることが確認された。



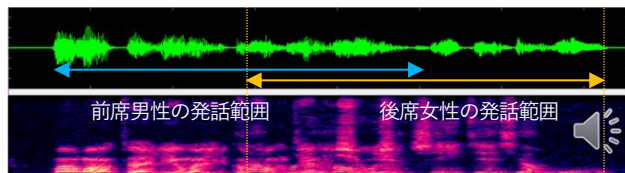
④-2 会話検知型自動起動機能

⑤の DNN での音声・非音声検知技術を用いることで、乗員同士が会話しているときにのみ自動的に ICC 機能を ON する計画であったが、そのリアルタイム実現には至らなかった。

代わりに、展示会等のデモでは音声コマンドで陽に ON/OFF を制御。

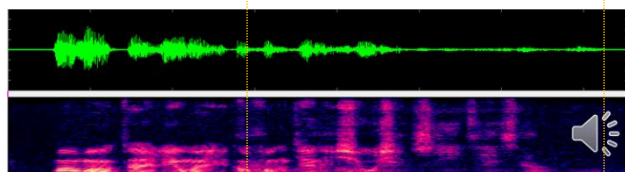
(1) BSS OFF

後席の女声はかなり混ざる⇒女性は自身の声を聴く



(2) BSS ON

後席の女声が抑えられる⇒女性は自身の声が気にならない

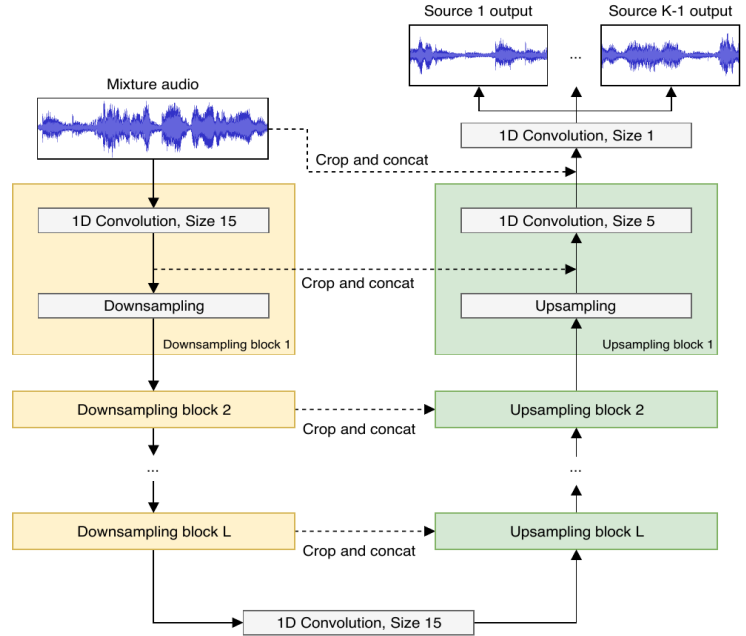


⑤ ノイズサプレッサ改良

⑤-1 DNN ベースノイズサプレッサアルゴリズム開発

DNN（ディープニューラルネット）で、非定常を含む雑音が混入した音声から人の声のみを分離抽出するモデルを構築することで高性能なノイズサプレッサを実現する。これまで机上レベルで成功した研究は報告されていたが、組み込み機器として演算量が十分実用範囲に抑えられたアルゴリズムの開発例はまだ無かった。

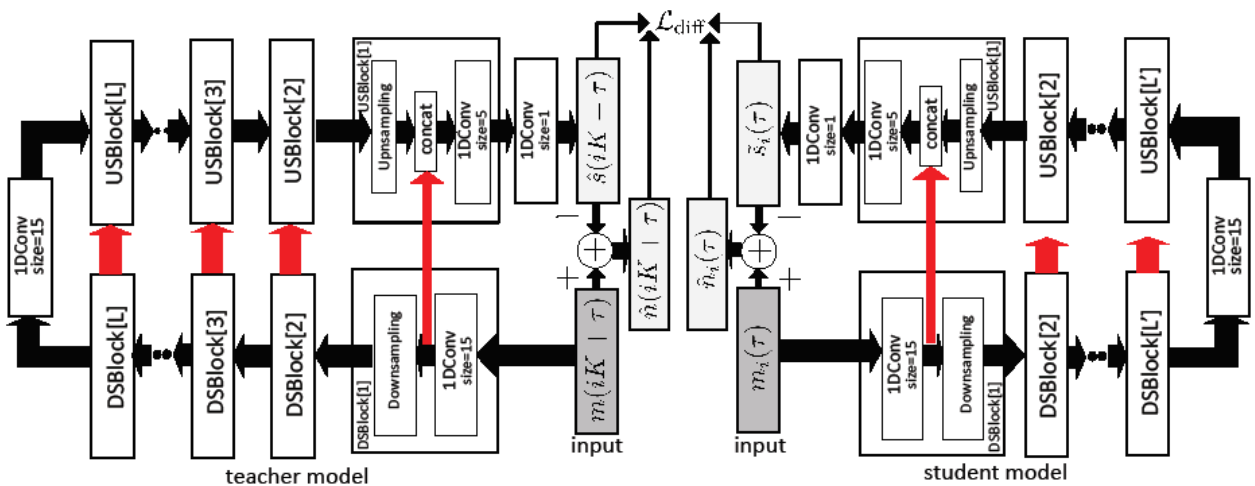
DNN といっても様々な手法がある。その中で、近年その性能が高く、音声波形を直接扱うことのできる End-to-End 型として注目される Wave-U-net なるアルゴリズムを採用した。右はその処理ブロック図である。左側分析上部から音声を入力、下層に行くにしたがって音声情報を抽出、間引き、右側合成部に移り上方に進みながら左で分析された情報を取捨選択しながら音声合成出力する。



課題は、元々通常の楽音の中から高い精度で楽器毎の音の分離抽出に成功したことで注目されたのだが、全音声ファイルを一度にバッチ処理するアルゴリズムであるため、リアルタイム

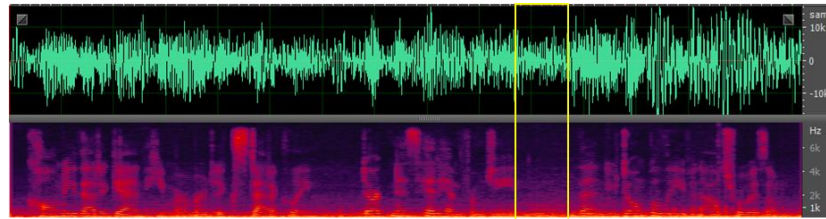
処理が可能ないように逐次処理化する必要があった。これは、窓掛けてフレーム処理を行うことで実現した。

さらに、利用状況に適応しながら性能を高められるよう、オンラインモデル学習方法の一つである Teacher-Student 学習と呼ばれる手法を取り入れた。下がそのブロック図である。

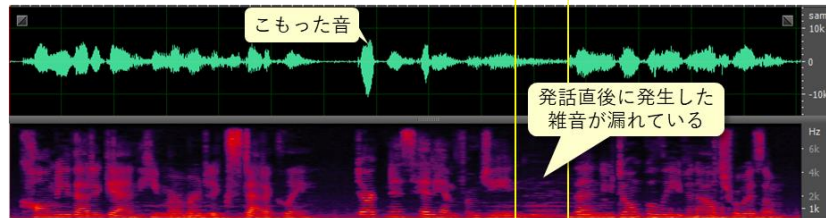


この他様々な工夫を経て、現行のスペクトル減算型アルゴリズムとは一線を画す、極めて高性能なノイズサプレッサの開発に成功した。下の図で、(1)は、マイク入力信号で、非定常音を多く含む走行雑音が重畳されている。(2)は、これを現行のCABINのノイズサプレッサで雑音抑圧したもの。波形はかなり雑音が抑圧されているが、一部声がこもってしまったり、語尾でたまたま発生した背景雑音は声の一部と判断され抑圧されないなどが観測される。(3)は、今回開発したDNNノイズサプレッサの出力で、声がこもることなく、雑音が湧くこともない。更にS/Nの低い低域の声も良く保存され、振幅が大きく豊かな声質が保たれている。雑音の抑圧レベルも高く、殆どその存在を感じない。

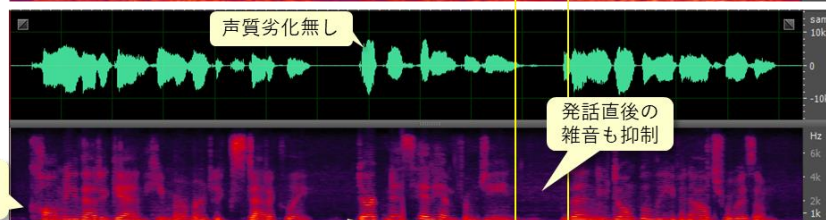
(1) マイク入力



(2) CABIN現行のノイズサプレッサ



(3) 開発中のDNNノイズサプレッサ



雑音の多い低域成分もよく保存

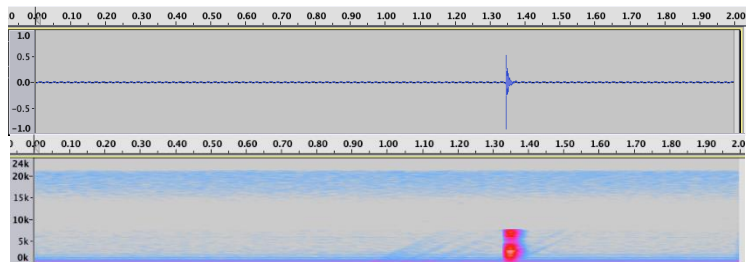
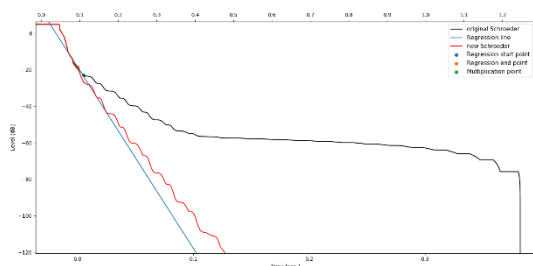
低域雑音も完全抑圧

⑤-2 非定常雑音トレーニングデータ拡充

DNNの世界では良く知られているように、膨大なトレーニングデータを用意する必要があり、その量が多い性能が向上すると言われている。そこで、走行雑音と音声の収録を次のように分け実施した。

車室内雑音として、4台の異なる車を利用し、異なる速度、窓の開閉、クーラーの使用など条件を変え、合計8.5時間の走行雑音を収録した。

一方、人の声のバリエーションを効率的に増やすよう、車室内の各席から複数のマイクまでのインパルス応答合計96種類を求め(下図)、それらを既存の大規模音声コーパスに畳み込み音声を生成。それに先の走行雑音をレベルを変えて重畳することで、膨大なトレーニングデータを作成した。結果は前述の通り。



導出されたインパルス応答 左：エネルギー減衰対遅延時間のグラフ 右：時間波形とスペクトログラム

収録に際し、各種ビームフォーマーの検討に使えるよう、正三角形配置を含む MEMS マイクを 8 素子並べたマイクアレーモジュールを製作、使用した。下左がその写真、下右が実車に取り付けた様子の写真である。



収録に使用した 8 チャンネルマイクアレーモジュール



マイクモジュールを取り付けた様子

下左の写真は各席の乗員からマイクアレーモジュールの各マイク素子までのインパルス応答を導出するために収録を行っている様子、下右は、実際に走行をしながら走行雑音を収録した様子の写真である。



インパルス応答計測のための収録の様子



実際に走行をしながら走行雑音を収録した様子

⑤-3 C プログラム実装、リアルタイム実証

開発したアルゴリズムにおいて、時に不連続な異音が知覚される時があり、その解決に難航、残念ながらその完全な解決には至らなかった。それと共に時間切れで C プログラムとして実装するまでには至らなかった。今後に残された唯一の課題である。

第3章 全体総括

3. 1 複数年の研究開発成果

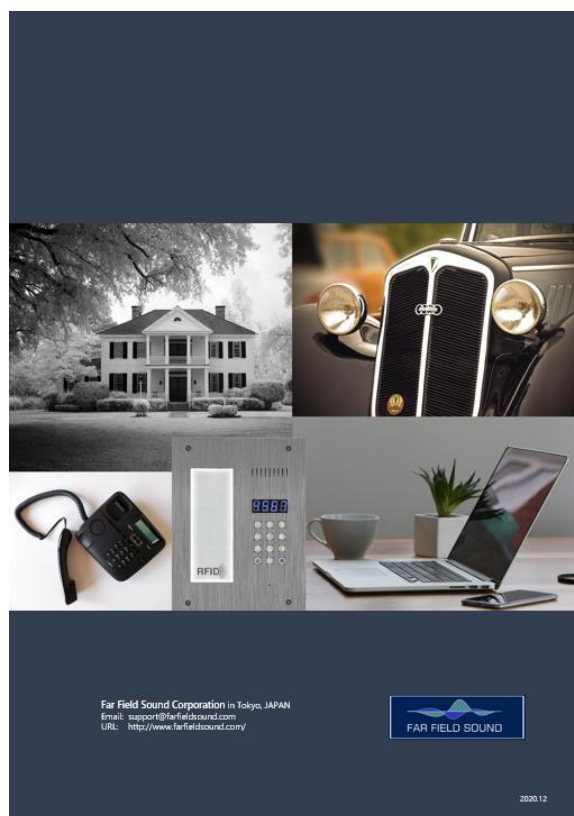
CABIN 開発



当社次世代ハンズフリー通話用音声信号処理ミドルウェア CABIN シリーズ製品としてまとめられ、既にソフトウェア開発キット (SDK) や CABIN を使ったデモシステム開発の受託という形で試験販売をするに至った。各シリーズの特長と、試験販売実績を下表に示す。

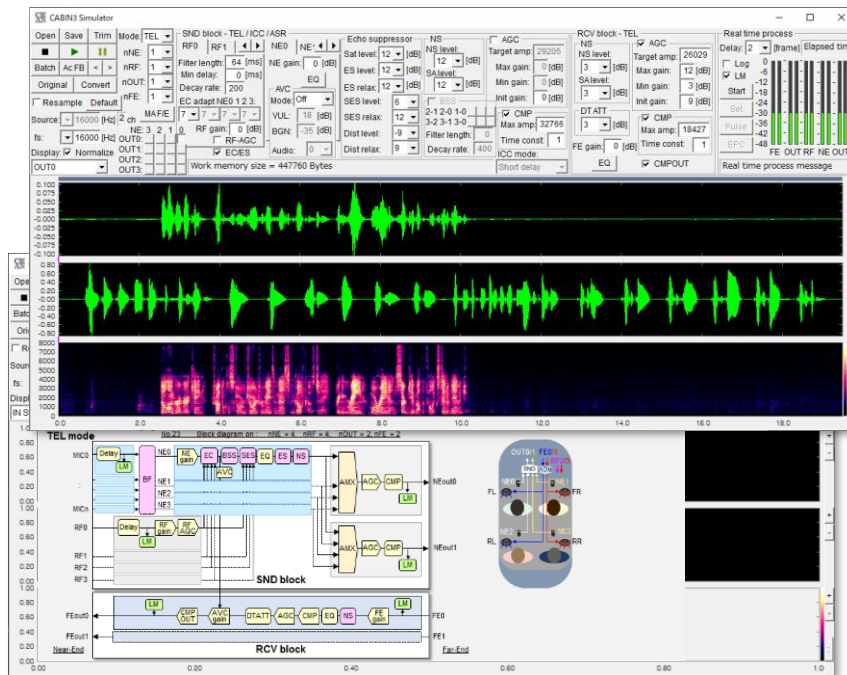
バージョン	特長	試験販売実績
CABIN1	世界初のスーパーワイドバンド (32kHz)、フルバンド (48kHz) 高帯域音声対応	SDK 導入：カーナビメーカー1社 デモ開発受託：カーナビメーカー1社
CABIN2	世界初のステレオ通話、4ゾーンマイク対応	SDK 導入：カーナビメーカー2社 デモ開発受託：カーナビメーカー2社
CABIN3	世界初のリアルタイム4ゾーン音源分離、マルチマイクビームフォーマー対応、マルチモード構造	SDK 導入：自動車メーカー1社、半導体商社2社 デモ開発受託：自動車メーカー1社、半導体商社1社
CABIN4	組込み型で世界初のDNN型ノイズサプレッサ、帯域拡張対応	2021～2022年にSDKリリース予定

以下は GARAGE (現行規格向け旧製品) /CABIN の製品カタログの表裏表紙である。



CABIN Windows SDK の主要なツールである Simulator (右図) は、PC 上で動作するアプリケーションソフトウェアで、CABIN シリーズの豊富な機能を簡単に評価、解析、パラメーター調整ができる他、汎用 USB オーディオインターフェースを接続するとリアルタイム実験も行える。

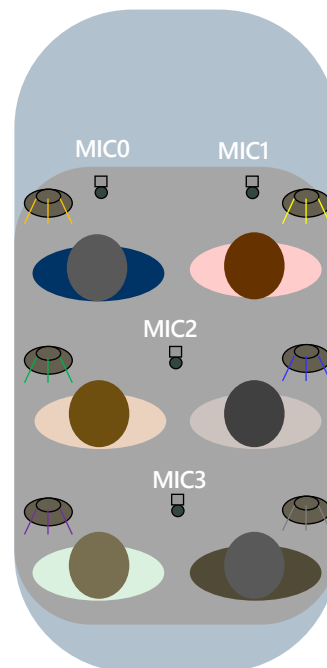
顧客だけでなく、当社が行った各種研究開発、実験、評価にも大いに利用されている。



CABIN 特長

前章に示したこれまでの成果を統合し開発された CABIN なる次世代ハンズフリー通話用音声信号処理ミドルウェアの特長をを簡潔に表現するなら、これまでのハンズフリー通話システムが、ドライバーが運転中に携帯電話で通話できるのみであったのに対し、CABIN は乗員全員 (右図) が以下に示した様々な音声インターフェースを高音質利用できるようにしたと言える。

- フルバンドステレオの CD 並み高音質高臨場通話を実現、複数話者による同時会話を容易化
- 通話、ICC、音声認識フロントエンドの異なる 3 機能を同時に実現
- マルチマイクで乗員全員が利用可能
- マイクロホンアレー技術で密結合音響環境下にある複数話者の選択的利用が可能



コロナ禍による研究への影響

2020 年 2 月以降、当社は顧客へのデモや展示会出展が大幅に制限され、最先端の研究発表会のある国際学会も多くが中止、ITU-T 標準化委員会も全て中止された。当社の筑波大学への訪問も制限されたばかりか、学生の登校自体が大幅に制限され、共同研究が思うように進展しなかった。とても残念であった。

3. 2 研究開発後の課題・事業化展開

研究開発の残課題

本研究で要素技術開発に成功した DNN 技術を実用化し、CABIN4 として実装すれば、本市場に要求される全ての技術を取り入れた究極の製品となる。少なくとも現時点でこれ程突出した技術を持つ製品は世の中には存在しない。2021 年末から 2022 年にかけて CABIN4 を製品化する計画である。演算量を現実的なレベルに抑えられるかが唯一の懸念点ではあるが、近年は DNN の処理を高速に実行する組み込み向けプロセッサが各種登場するようになっており、それらプラットフォーム利用の想定もあり得る。

コロナ禍が本事業に与えた影響

先進的な機能を実現した CABIN シリーズは、カーナビメーカー、自動車メーカーの注目を集め、ソフトウェア開発キット (SDK) の販売や CABIN を使ったデモシステム開発の受託に成功してきた。コロナ禍が顕在化する直前の 2020 年 2 月時点では受託開発相談を 4 件程抱え、順調に事業化するかに思われた。ところが、その直後にそれら全てがキャンセルとなり、デモや商談の機会が失われ続け、未だ殆ど新規開発案件が入らない状態が続く。とりわけ世界最大手の独自動車メーカーが当社製品の全面採用を検討していたプロジェクトが、渡航もままならず中止に追い込まれ、当社ドイツ法人も閉鎖に追い込まれたのは残念至極である。自動車の販売は回復傾向にあるものの、元々業績が悪化傾向にあるカーナビメーカーは、新規開発投資を控えたままである。自動車業界の開発期間は平均 3～5 年と長く、実績や安全性を重視するため、後発となる当社には厳しい状況が続いている。

次世代高音質ステレオ通話規格

ITU-T は早い段階でステレオ通話の音声コーデック規格を策定、標準化したものの、実際にそれを実装する携帯電話は未だに現れず、Bluetooth 規格も対応していないのが現状である。コロナ禍も影響し、車載向け評価規格の標準化はストップした状態が続いている。当初は、本事業が完了するころには話題となり、市場参入のいいきっかけと考えていたが誤算であった。

一方、LINE 電話や Web 会議システムなど、電話網ではないデータ通信網を使った音声通話利用が世界的に増加しており、技術の進展も早い。Zoom は 2020 年 9 月から世界初となるフルバンドステレオ通話に対応した。当社で車載通話実験をしたところ、その音質の良さ、臨場感、複数話者同士の活発な会話の様子に隔世の感があった。今後様々な機会を利用してその普及活動を推進したい。ITU-T のステレオ標準化が再開されたら積極参加したい。

事業化展開



CABIN が各社から注目を浴び、導入の検討がされているのは事実である。カーナビメーカーが開発費やリスクを抑えて CABIN を導入できるように環境を整えるのが導入を促すきっかけと考える。カーナビメーカーが対応しなければならないハンズフリー系規格は、7 年前まではわずか 2 つであったのが、今や 5～10 程度と増大しており (次表)、規格毎のパラメーター調整や規格準拠性の評価測定に膨大なコストがかかるようになっている。

そこで当社は、自動プラットホーム診断・パラメーター調整システム (ADAPT)を開発し、カーナビメーカーや自動車メーカーに提供することを計画、推進している。この開発に成功すれば、現在1年がかりで行っている同作業が、わずか2か月半ほどに大幅に効率化される。

結果として、CABIN エンジンへの切り替えにかかるコストも大幅に削減され、採用が促進される。

自動車業界は、電動化や自動運転など CASE に代表される一大変革期を迎えようとしている。そこでは音声インターフェースがこれまで以上に高度利用され重要になるのは間違いない。

今後5～10年後には、当社 CABIN エンジンが自動車業界で広く標準採用されるよう、引き続き研究開発、改良に取り組み、来るべき時代の要請に応えたい。最終的には数10億円の事業規模に成長すると見込む。

なお、本技術は車載市場に止まらず、音声インターフェースを備える電話端末、PC、TV、Web 会議システム、AI スピーカー、ロボット、スマートホーム等様々な製品へも応用が可能である。

3. 3 謝辞

創業間もないベンチャー企業の当社を、掲げた本事業を実践し世界に誇れる製品を世に出すまで支援してくれた経済産業省関東経済産業局関係各位、筑波大学の牧野昭二教授、猿田正志氏、学生他関係各位、アドバイザー関係各位に対し、この場を借りて心より御礼を申し上げます。

標準化団体	規格名称
車載ハンズフリー通話	
ITU-T	P.1100 (ナローバンド)
	P.1110 (ワイドバンド)
	P.1120 (フルバンド)
Apple	CarPlay
Google	Android Auto
Amazon	Alexa Auto
eCall	
ITU-T	P.1140
ロシア GOST	ERA-GLONASS
中国	???
ICC	
ITU-T	P.1150
音声認識	
Apple	CarPlay
Google	Android Auto
Amazon	Alexa Auto