

コンプレッションのスピードと認知：変速コンプレッション

COMPRESSION SPEED AND COGNITION : A VARIABLE SPEED COMPRESSOR FOR ALL

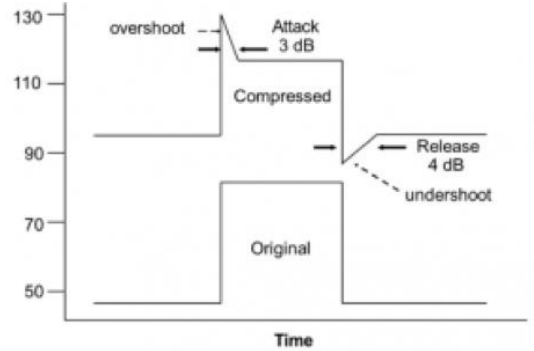


Francis Kuk, PhD, is Director of the Widex Office of Research in Clinical Amplification (ORCA) in Lisle, Ill, and Ole Hau, MSc, is a Research Engineer at Widex A/S in Lyngø, Denmark.

コンプレッサーの制御スピードと認知能力との関係を見通し、BEYOND・UNIQUEに使われている**変速コンプレッサー**が「**楽に聞こえること**」を意識して開発されている点、**認知能力に関わらず有効**であることを説明する。

コンプレッションの制御スピードとは？

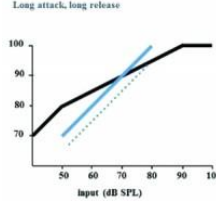
- **アタックタイム**：
入力音が大きくなった場合にゲインを下げるスピード
(最終定常レベルの3dB以内になるまでに時間)
0.5ms-2s、10ms以下は短い
- **リリースタイム**：
入力音が小さくなった場合にゲインを上げるスピード
(最終定常レベルの4dB以内になるまでの時間)
5ms-20s、200ms以下は短い、500ms以上は長い



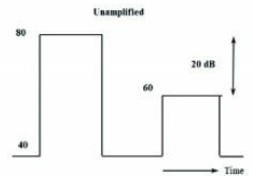
スピード（時定数）により影響される要素

- **可聴性**（聞こえるレベルになる）
- **時間変化情報** – 音質、高度難聴者や低い認知能力者にとって文脈上の手がかりが少ない場合の理解力

入出力特性



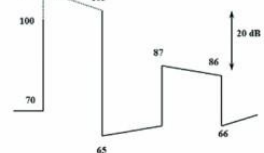
入力音



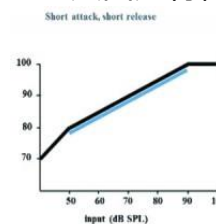
ゆっくり制御するコンプレッサー（SAC）

- **原音の時間波形を維持**
- 音質、明瞭性がよい
- 可聴性が確保されていれば、中等度以上の難聴に対して有効
- 大きな音の後に続く小さな音が聞こえない可能性あり

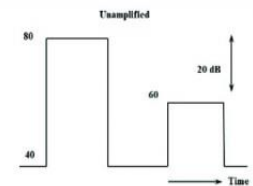
出力音



入出力特性



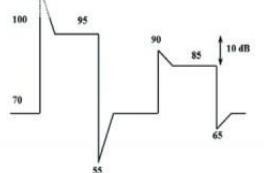
入力音



速く制御するコンプレッサー（FAC）

- **SACに比べて音質は良くない**
- 会話音中の無音区間に周囲の騒音が増幅されて聞こえる（ポンピング）
- 騒音下での音声について、SN比を悪化させ、聴き取りを難しくさせる。マルチチャンネルや圧縮比が高い場合に顕著。

出力音



制御スピードと認知能力との関係

これまでの固定スピード（時定数）コンプレッサーによる研究から

- 作動記憶力が低下してる場合 → SACが有効
- 作動記憶力が良好の場合 → FACが有効

音声理解のために

- 作動記憶力の状態に関わらず、**時間変化情報の維持**は重要
- 作動記憶力の状態に関わらず、**可聴性は確保**されるべき
- 可聴性および時間変化情報の維持への依存度には、個人差がある

| 作業記憶容量 | 速い制御 | ゆっくり制御 |
|--------|----------------------------------|---------------------------|
| 良好 | 時間変化歪み：あるが影響少ない 聴こえる手がかり：有用 | 時間変化歪み：ない 聴こえる手がかり：少ない |
| 低下 | 時間変化歪み：ある、悪影響が大きい 聴こえる手がかり：有用 | 時間変化歪み：ない 聴こえる手がかり：少ない |

- 時間変化情報の歪みがなく可聴性を確保できるコンプレッションを実現できれば、認知能力に応じてコンプレッサーのスピードを変える必要はない

変速コンプレッサー VSC

- 各チャンネルにSACとFACが並列にあり、最終的な出力レベルを制御している。入力音の急激な変化に対応できる**急速なゲイン制御（ジャンプ システム）**も備えている。
- 主にSACとして動作しているが、環境が急に**変化する場合にはスピードを速くすることで可聴性を実現**する。ほとんどの時間において時間変化情報は維持され、必要に応じて可聴性も確保できる。

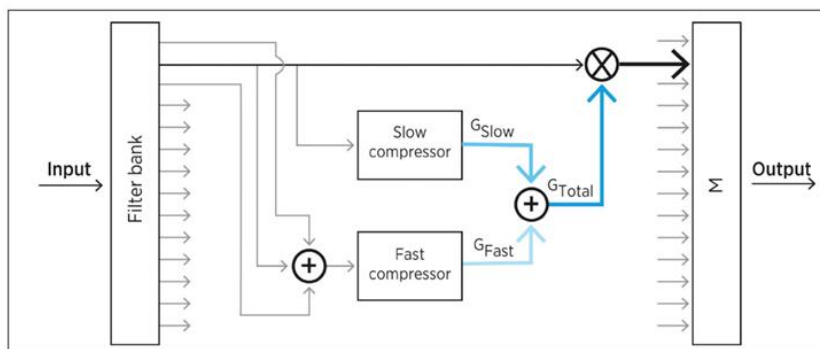


Figure 6: Schematic of the BEYOND variable speed compressor.

FACによる弊害を最小限にするために

- 静かな時、**SN比が良いときのみFAC**を使用 → 背景騒音がある場合のポンピングを避ける
- **隣り合うチャンネルを考慮** → スペクトルスミアリングを防止
- 実質的に**低めの圧縮率** → 入力音レベルが高い時には、低めの圧縮率で動作
- **聴力レベルに応じて**
70dBHL以下の場合には、SAC+FACによるゲイン制御
75dBHL以上の場合には、SACによるゲイン制御

変速コンプレッサーの利点

- DREAMに使用されているコンプレッサーに比べてUNIQUEの変速コンプレッサーは、小さな音の聴き取りと大きな音の時間変化情報の保持で優れている。中等度までの難聴者は、この利点を享受できる。会話音レベルの入力音については、差はない。高度難聴については、大きな入力音に対しても時間変化情報が歪まず保持されることで良い効果をもたらすと期待できる

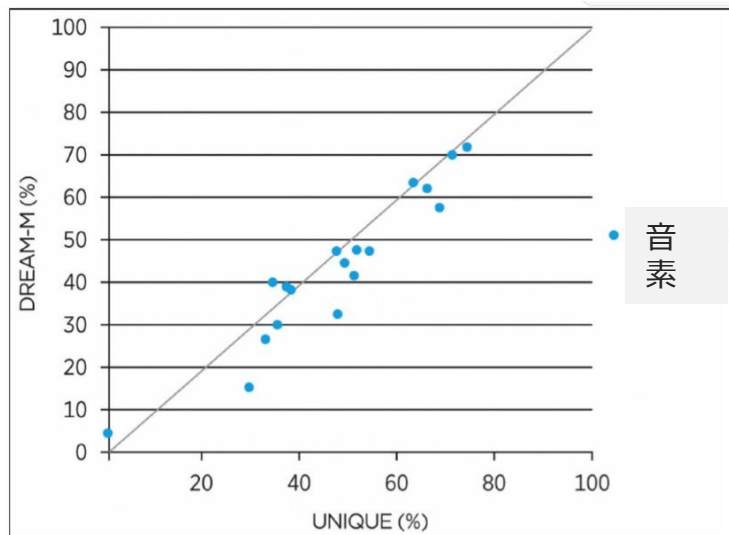


Figure 7: Scatterplot comparing the performance of the UNIQUE and the DREAM (matched gain) for soft speech following loud speech.

- DREAMとUNIQUEで出力レベルを合わせた状態での比較。80dB SPLの説明文の直後に50dB SPLで提示される音素の聴き取りを評価。特に語末の音（英語なので子音もあり）の聴き取りが大きく改善した。

まとめ

- ワイデックスは、良い音質と音声の明瞭性を得るために1996年SENSOにおいて長い時定数のコンプレッションを導入、提唱してきた。この長所は、BEYONDに変速コンプレッション（VSC）として受け継がれ、DREAMと比較しても「**小さな音の聴き取り**」と「**時間変化情報**」の維持においてより優れている。
- 作動記憶力が良い（認知能力が良い）場合、時間変化情報が多少劣化しても聞こえる手がかりを有効に活用できるので、単一スピードのコンプレッサーに比べてVSCは、良い音質で必要な可聴性を保つべきである。作動記憶力が低下（認知能力が低下）している場合、時間変化情報を維持するために可聴性が損なわれる可能性もあるが、VSCでは、時間変化情報を犠牲にすることなく、可聴性を高め、音声理解の手がかりを供給できる。つまり、**作動記憶力の状態に依らずVSCが適している**。
- 認知能力に関わらず、様々な音環境においてできるだけ「**楽に聞けること**」を目標に補聴器の機能は、開発・設計されるべきであるというワイデックスの考え方にVSCも基づいている。