日本冷凍空調学会賞　技術賞

バイタルセンサー「エモコアイ」を搭載したルームエアコン「霧ヶ峰 Z シリーズ」

Room Air Conditioner “Kirigamine Z Series” equipped with Vital Sensor “Emoco Eye”

岡崎淳一*
Junichi OKAZAKI

1. は　じ　め　に

リビングは，寝室や子供部屋といった用途が比較的限定されている居室に比べ，本来のくつろげる空間としての用途に加え，子どもの勉強場所として，またコロナ禍以降で急増した在宅ワークの勤務場所としてなど，多目的で使用されることが多くなった．そのため，リビングでの生活シーンにより，空調の設定目標が変化しやすい環境となっている．これらの個人差，シーン差を乗り越えて快適性を実現するためには，画一的な設計目標ではなく，実際に現在の空調状態における使用者の空調に対する感情（心地良さ）を推定し，運転にフィードバックすることが必要である．

そこで，霧ヶ峰 Z シリーズは，個人差やシーン差により生じる快適性の根本解決を目指し，使用者の感情推定と運転への反映という，これまでにないまったく新しい指標を用いた快適性の実現に取り組んだ．

2. 開　発　概　要

2.1　感情センシング手法の決定と課題

感情のセンシングには主に 4 つのアプローチ方法が存在する．言語分野に含まれる「テキスト解析」,「音声解析」，と非言語分野に含まれる「画像解析」,「生体解析」である．この中で,「生体解析」は脳波や眼電位を測定するものもあるが，脈波測定による感情を推定するものが測定の容易さもあり，もっとも一般的に普及している．本開発においては，人の属性や，文化の影響，設置制約，プライバシー影響が低いという利点から，脈波測定による生体解析が適していると判断した．脈波測定には，ストレスフリーで居室内の不特定の人体を計測可能にするという利便性を重視し，電波を利用した非接触での脈波測定による感情推定を採用した．

2.2　感情推定モデルの確立

生体解析の感情推定技術分野では「ラッセル感情円環図（円環論）」を基に研究機関・企業などで研究開発がされる事例が多い．これは，覚醒－眠気と快－不快の 2 つの指標を軸とした平面上に各感情をマッピングすることで様々な感情を推定することができるという理論である．「エモコアイ」でもこの理論を基に，縦軸に没入－眠気軸，そして横軸を落ち着く－緊張軸として，2 つの指標についての測定を確立した．没入－眠気軸については，脈波形状ゆらぎカオス解析のリアプノフ指数化（初期状態から時間的な変動によって離れていく度合いの数値化）から，脳活動の状態を把握する集中度の測定が可能となった．また，落ち着く－緊張の指標としては，心拍間隔変動のパワースペクトルの高周波成分（HF）と低周波成分（LF）の比率から，横軸の落ち着く－緊張軸を構成することとした．ストレス下の状態で活発になる自律神経の交感神経とくつろいだ状態で活発となる副交感神経のバランスと，心拍間隔変動のパワースペクトルの HF と LF のバランスとの相関はわかっており，HF の比率が高くなるほど落ち着いた状態となる．これにより，様々な感情を推定可能なモデルを確立した．

「エモコアイ」では**図 1** のように，この独自の感情円環図において右下をくつろぐ領域とし，その度合いを「く

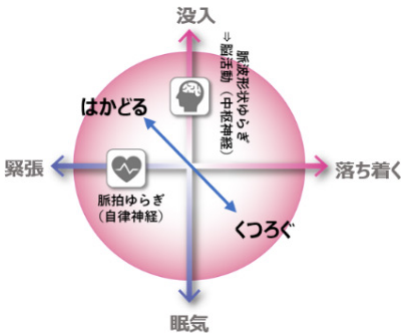

図 1　感情円環図

*三菱電機㈱
Mitsubishi Electric Corporation
原稿受理　2025 年 2 月 25 日

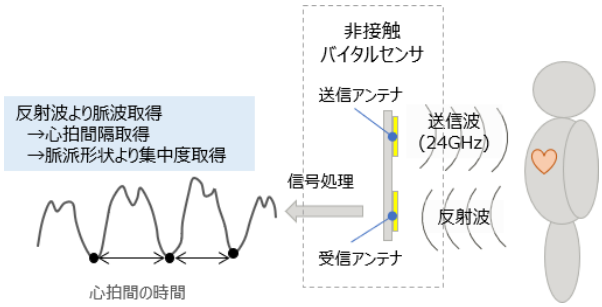

図2　非接触バイタルセンサーによる脈波検出

つろぎ度」と定義し，エアコンを通常利用するシーンではこのくつろぎ度の度合いが高くなることを理想とした．また，左上をはかどる領域とし，ワークなどのシーンではこの度合いが高くなることを理想とした．

2.3　非接触検出方式の確立

非接触生体情報を検出するレーダーの仕様としては，「エモコアイ」ではドップラー方式を採用し，ドップラー方式ならではの微量な動きを測定可能という長所を生かしつつ，センサのアンテナ設計を行う方針とした．

実用的に部屋内の人を測定するには，5 m 程度の検出範囲が必要であるため，試作を繰り返した．その結果，人体の脈波測定に特化した周波数特性設計やノイズ除外アルゴリズムなど様々な観点からアンテナ，ハード，アルゴリズムを改良することで，小型のセンサで検出距離 0.5～5 m，水平方向の角度 180°という，エアコンの設置環境における十分な範囲の生体情報測定が可能となった．心拍数の検知精度については，胸貼り付け心電計と比較して 5％以内の精度を実現した（測定条件により異なる）（**図2**）．

2.4　エアコン運転への適用

エモコアイの搭載にあたっては，感情（くつろぎ度）による最適な運転状態を検知し，従来の画一的な理想設計ではない一人一人に合わせた快適なエアコンでの環境づくりを目標としている．そこで，空調要素の変化と使用者の感情の変化，その際のエモコアイが推定するくつろぎ度の変化との相関について，被験者での検証を行った．その結果，最適な気流感とエモコアイの推定するくつろぎ度について有意な相関を得ることができ*，気持ちに寄り添う気流制御（エモコアイのくつろぎ度による気流感の最適化制御）が実現できた．具体的な制御方法は**図3**のように「エモコアイ」でくつろぎ度を測定し，

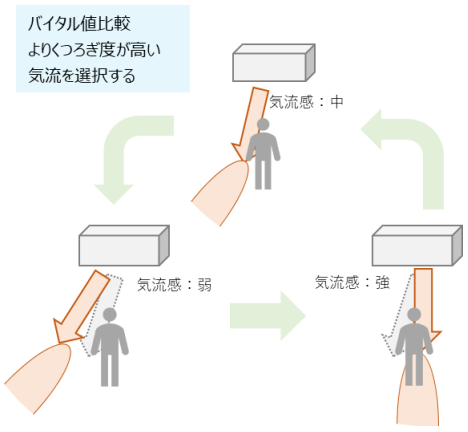

図3　エモコアイを用いた気流制御

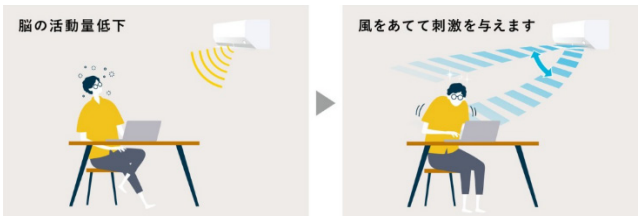

図4　フレッシュモード時の気流制御

従来最適と想定していた気流感「中」の状態から気流角度を変化させ，気流感を「弱」「強」と変化させた際にもっともくつろぎ度の高くなった風向を最終的に採用するというものである．

また，シーンに合わせた空調機能として，仕事・学習時に使用者を覚醒させるため，脳の活動量の変化に合わせて，はかどる気流を使用者に当てることにより作業の効率を維持する「フレッシュモード」（**図4**）を備えている．

3. お　わ　り　に

今回開発した非接触バイタルセンサー「エモコアイ」は，三菱電機製ルームエアコン「霧ヶ峰 Z シリーズ」に搭載された．これにより，リビングでの多様な生活シーンにおいても，使用者一人一人に合わせた最適な空調環境を提供することが可能となった．

また，非接触バイタルセンサー「エモコアイ」は，ルームエアコンのみならず，業務用空調機に搭載することで，オフィスで働く人の嗜好性・感情を検知し，快適性向上・知的生産性向上につなげることが期待できる．

＊暖房時．当社環境試験室（16 畳）において，外気温 7℃・室温設定 23℃，被験者 58 名に対し 2 回の試験を行い，のべ 116 人相当に評価を実施．従来の風向制御をした後，「エモコアイ」を搭載した新風向制御を加え，「エモコアイ」から出力されるくつろぎ度を確認．「エモコアイ」を搭載した新風向制御により，さらにくつろぎ度が向上した人が，のべ 15 人（約 12.9％）（有意水準 $p < 0.05$ で有意差を確認）．
冷房時．当社環境試験室（16 畳）において，外気温 35℃・湿度 70％・室温設定 28℃，被験者 77 名に対し 3 回の試験を行い，のべ 231 人相当に評価を実施．従来の風向制御をした後，「エモコアイ」を搭載した新風向制御を加え，「エモコアイ」から出力されるくつろぎ度を確認．「エモコアイ」を搭載した新風向制御により，さらにくつろぎ度が向上した人が，のべ 19 人（約 8.2％）（有意水準 $p < 0.05$ で有意差を確認）．