別紙1－1

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※　甲　　第　　14068　　号

氏　　名　小迫　誠弥

論　文　題　目

声帯およびボイスプロステーシスによって形成される流動場構造と空力音に関する実験的研究
(Experimental Study on the Flow Field Structure and Aerodynamic Sound formed by the Vocal Cords and Voice Prosthesis)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	工学研究科	教授	辻　義之
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	山澤　弘実
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	尾上　順
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	長田　孝二

別紙１－２

論文審査の結果の要旨

小迫誠弥君提出の論文「声帯およびボイスプロステーシスによって形成される流動場構造と空力音に関する実験的研究」は，喉頭およびボイスプロステーシス周囲の流動場構造の特徴と流れが原音を生成するメカニズムを解明することを目的として実験的研究をおこない，喉頭内の声帯振動を再現したモデル下流およびボイスプロステーシスを挿入した気管-食道モデル内の流速測定によって各モデル周囲に形成 される流動場構造の時間・空間的な性質を明らかにしている．

各章の概要は以下のとおりである．

第 1 章では，喉頭およびボイスプロステーシスにおける流れと発生音に関する既往研究 について調査をおこない，多くの研究で呼気流と発生音の関連性が示唆されながらも双方ともに流れからの原音生成機構が実験的に明示されていないことを述べた．また，ボイスプロステーシスでは流動場測定自体の例がないことを明示した．これらを踏まえ，本研究の目的および論文の構成について述べた．

第 2 章では，空力音の理論および実験手法についてまとめた．空力音についてはその理 論的な背景からFfowcs Williams-Hawking の式の導出について記した．実験手法について は，各章で共通する測定について記した．また，実験の精度に関する基礎的な検証を行い， 妥当性を示した．

第 3 章では，声帯を模して自励振動する声帯モデルを対象とし，測定した本モデル周囲 の流速および声帯の振動解析から，FW-H式の基づく考察を行い，声帯モデル下流流動場中 の渦構造からの直接的な音が発生音として支配的であることを明らかにした．声帯モデル 下流近傍の局所的な渦構造のQ 値強度が声帯モデルの構造的影響を受けて振動周波数と同 じ周波数で時間的に変動することで，同領域の圧力を大きく変動させ，単極子の指向性を持 つ音波を発生させることを示した．

第 4 章では，シャント発声時にボイスプロステーシス（Provox® Vega）周囲に形成され る最も基礎的な流動場構造を明らかにするために，開放系におけるボイスプロステーシス 周囲の流れについて空間流速測定を行った．一般的な呼気流量範囲内の条件のみ，ボイスプ ロステーシスの弁が振動し，弁の構造的影響を受けてボイスプロステーシス下流の流れは 上下に波打つような分布となり，弁近傍の流速が局所的に大きく時間変動することがわか った．また，食道を設置していないにもかかわらず，ボイスプロステーシス周囲から発生音 が確認され，弁に起因した流速変動と同じ周波数を持つことがわかった．

第 5 章では，ボイスプロステーシス(Provox® Vega)を設置した気管-食道セクション内 の流速分布および圧力分布から FW-H 式に基づく考察を行い，呼気流量範囲において，食 道セクション内から発生する音の主要因は，ボイスプロステーシス下流の流れが食道壁面 との衝突位置に与える圧力の時間的な変動から発生する音であることを明らかにした．ボ イスプロステーシスの弁振動に起因して，時間的に流速が変動する主流の流れが食道壁面 に衝突して時間変動する強いせん断領域を生み出し，衝突位置付近の食道壁面にボイスプ ロステーシス弁の振動周波数と同じ周波数の圧力変動を与えることを示した．また，ボイス プロステーシス下流の渦構造からも，渦放出周波数と同じ周波数の音が発生しており，流量 条件が呼気流量を超えた範囲では支配的となることが示唆された．

第 6 章では，各章で得られた結果を総括し，喉頭とボイスプロステーシスにおける原音生 成機構の比較を行った．双方ともに振動する開口部を通過することで下流の流れに局所的 な流速変動が生じ，発生音および流速変動は開口部の振動周波数と同じ周波数を得ること は共通するが，音の発生要因および関連する流動構造が異なることを示した．また，声帯と ボイスプロステーシス弁は流量に対する振動周波数の依存性が異なる．これらの違いが通 常の発声とシャント発声の音声に違いを生む要因のひとつであることを明らかにした．

以上のように本論文は，喉頭とボイスプロステーシスにおける原音生成機構と流動場構造を明らかにしている．これらの音源生成の解明の結果は，シャント発声のより自然な音声を実現するために重要であり，工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる．よって，本論文の提出者である小迫誠弥君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した．