

氏 名	おお	やま	げん	玄
授 与 学 位	工	学	博	士
学位授与年月日	昭和 53年 10月 11日			
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 1 項			
研究科，専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 電気及通信工学専攻			
学 位 論 文 題 目	ケプストラム分析におけるリフタに関する研究			
指 導 教 官	東北大学教授 城戸 健一			
論 文 審 査 委 員	東北大学教授	城戸 健一	東北大学教授	二村 忠元
	東北大学教授	佐藤利三郎	東北大学教授	星子 幸男

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 序 論

波形の対数スペクトルのフーリエ逆変換の低次の項からスペクトル包絡を求めるケプストラム分析法は、その過程においてモデルの構造を規定する必要がないために、これを声道伝達関数の推定に利用すれば、極と零の有無やその数の如何に関係なく、それぞれの場合に適合した結果を得ることができる。

ケプストラム分析を用いてなめらかなスペクトル包絡を求めるためには、ケプストラム上で音源による項を取り除いて声道の共振による項を取り出す必要があり、このために用いるのがリフタである。このリフタの形と長さは求まるスペクトル包絡に重要な影響を与えるにもかかわらず、これに関する研究はまだ十分とは言えなかった。

そこで本研究ではリフタの形と長さについて詳細な検討を行い、新しい形のリフタの提案と検討を行っている。

最初にハンリフタが矩形リフタより基本周波数の変動による影響が少く、スペクトルの微細な構造を自動的に求めるのに適していることを示す。しかし、基本周波数が高くなると、用いるデータの量が少くなり、周波数分解能が悪くなる。そこで、そのような場合でも有効なコムリフタを提案し、実験的に検討を行う。コムリフタを用いるには正確な基本周期の推定が必要であるが、それが常に可能とはかぎらない。この問題を解決するため、最後に基本周波数の推定を必要とし

ないで、基本周期成分を抑制できる適応形リフタを提案し、実験的に検討を行い、その有用なことを示す。

第2章 音声の分析

本章では主な音声の分析法の説明及び、音声の分析に関する歴史的流れの中での本研究の位置付けを行う。音声の分析は波形をアナログ分析する方法から始った。その後デジタル計算機が登場し、音声の分析をデジタル的に行えるようになって、音声の分析法は急速に発達した。すなわち、フーリエ変換を用いた分析がケプストラム分析に発展し、音声生成のモデルの同定を行う方法として、AbS法、LPC分析法が提案された。

AbS法とLPC分析法はその後様々検討されてきたが、ケプストラム分析法は前2者ほど検討がなされておらず、特にリフタに対する検討が不足しており、その必要性が指摘されている。

第3章 従来のリフタの検討とハンリフタの提案

ケプストラム分析の流れ図を図1に示す。音声をフーリエ変換してその絶対値の対数を取った対数パワースペクトルをフーリエ逆変換して求めたのが、ケフレンシの関数として表わされるケプストラムである。ケプストラム上で声道の伝達関数に関する項は主に低ケフレンシ部に、音源の周期性による項は高ケフレンシ部にピークとなって表われる。これから高ケフレンシ部のピークをリフタを用いて取り除き、残りをフーリエ変換すれば、スペクトル包絡が得られる。図2にケプストラムとハンリフタ、矩形リフタの例を示す。

これまではリフタとして主に矩形リフタが用いられていたが、この場合はリフタ内に基本周期によるピークを少しでも含むと急にスペクトルに包絡上の凸凹が増加する。

これに対し、ここで新たに提案するハンリフタはリフタの端が徐々に減衰しているために、リフタの端に基本周期によるピークを含んでもスペクトル包絡上の凸凹が急に多くなることはない。

次に矩形及びハンリフタの周波数特性をみると、同じ周波数分解能を得るためにはハンリフタは矩形リフタの2倍のリフタ長を必要とする。しかし、中心周波数から離れるとハンリフタのスペクトル成分は矩形リフタのそれよりはるかに小さくなり、音声スペクトルの微細な構造を表わすにはハンリフタが適している。

リフタ長は固定するより可変にした方が、様々の基本周波数の音声进行分析するのに有利である。ハンリフタでは基本周期の80%、矩形リフタでは50%程度にすれば最もよい結果が得られる。しかし、ケプストラム分析法はスペクトル包絡を $\sin(\cos)$ 級数展開の和で表すものであるから、基本周波数が高く、十分なリフタ長が取れないときには、接近したホルマントを分離できなくなる。これを解決するために、次章の検討を進める。

第4章 コムリフタとその利用

基本周波数が高いときでも接近したホルマントを分離して表すためのコムリフタを提案する。すなわちリフタ長を接近したホルマントを分離するのに十分な長さに固定したハンリフタを用

い、その内に入った基本周期による項を周期関数を用いて取り除く。ハンリフタの代わりに矩形リフタを用いたのでは周期関数を急に打ち切ることによる悪影響が表れる。

図3に実験に用いた様々のコムリフタを示す。これらの内最も良い結果を示したのが $\sin x/x$ を組み合わせたものである。このコムリフタは矩形形櫛歯の高ケフレンシ部の非減衰を $\sin x/x$ の高ケフレンシ部の減衰で補い、 $\sin x/x$ の阻止域の狭い欠点を矩形形櫛歯の自由に調節できる阻止域で補っている。

コムリフタの周波数特性をみると、高ケフレンシ部を減衰させているものは、そうでないものに比べ、中心周波数から離れるにしたがってリフタによるスペクトルの乱れがかなり小さくなる。特に $\sin x/x$ がよく、又矩形と組み合わせても、それによる悪影響は少ない。

第5章 適応形リフタによる基本周波数成分の除去

前章ではコムリフタを用いて良好な結果を得た。コムリフタを用いるためには正確な基本周期の推定が必要であるが、これは常に可能とはかぎらない。そこで基本周期を推定することなしに基本周期成分を抑制できる適応形リフタを提案する。

すなわち、図4の原理図、図5の流れ図に示すように、最も接近したホルマントを分離するのに十分な長さのリフタ長に固定したハンリフタをかけ、リフタ内の基本周期によるピークが存在する範囲内におけるケプストラム成分のうち、あるいき値より大きいものを基本周期によるものとみなして抑制する。これを用いると、コムリフタでは抑制できない基本周期の整数倍以外の所にある、成分の大きいケプストラムも抑制できる。又基本周期がゆらぐ等の理由でケプストラム上のピークに幅があるときでも、その幅に合わせた抑制ができる。更に基本周期がなく、ケプストラム上にピークがない時、又は基本周期が低く、ハンリフタの端ですでに十分抑制されているときは抑制が働かない。この意味において、これを適応形リフタと呼ぶ。

適応形リフタとハンリフタを用いたときの相違を図6に示す。図6-aは用いた合成音のパワースペクトルである。図6-bはハンリフタを用いた場合であり、接近した第1、第2ホルマントを分離できない。これに対し、図6-cの適応形リフタを用いた例では分離して表されている。

更に母音-子音-母音形の単語を適応形リフタを用いたケプストラム分析、LPC分析を用いて分析してみると、LPC分析で分析したときに推定できないホルマントも適応形リフタを用いたケプストラム分析では求っており、本方式の有効性が示された。

第6章 結 論

本章はまとめである。

以上本研究はモデルを特定の構造に規定しないで、忠実なスペクトル包絡を求めることができるケプストラム分析法を音声の分析に利用するため、ケプストラム分析法の弱点であった基本周波数の高い音声の接近したホルマントを、基本周波数が高いときにも分離できるようにしたことが主な成果である。すなわち、最初にハンリフタを従来の矩形リフタと比較し、リフタ長に関する詳細な検討を行った上、基本周波数が高い場合に対応するためコムリフタを提案し、次に基本

周期の推定が困難なときでも有効な適応形リフタを提案し、その有用なことを実験的に明らかにした。なお、今後の問題として、精度の向上、実験技術の改良等が残されている。

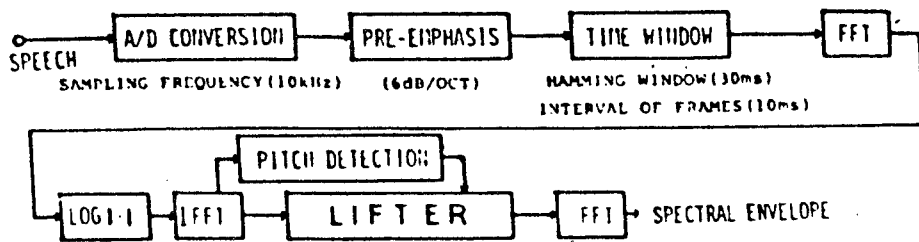


図1 ケプストラム分析の流れ図

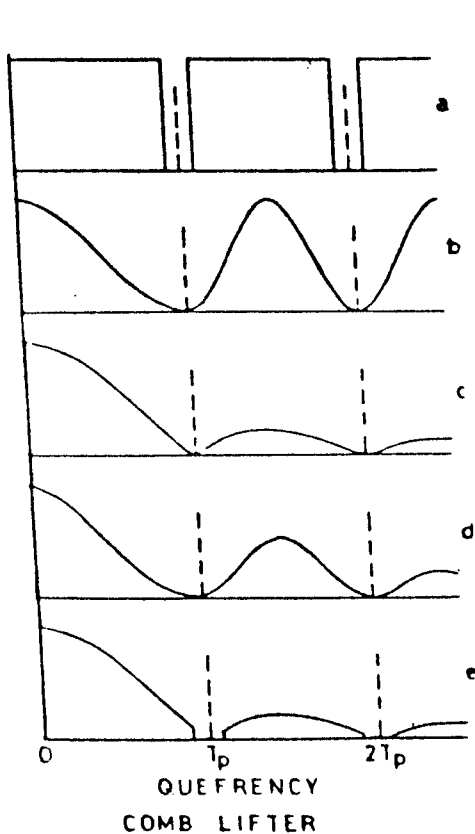


図3 コムリフタの形

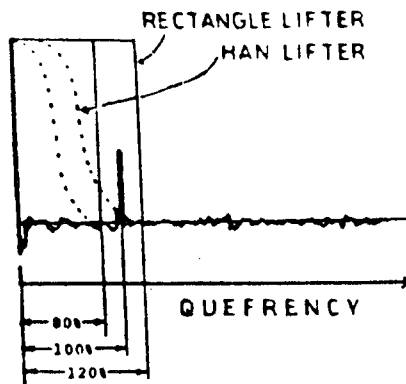


図2 ケプストラム及びリフタの例

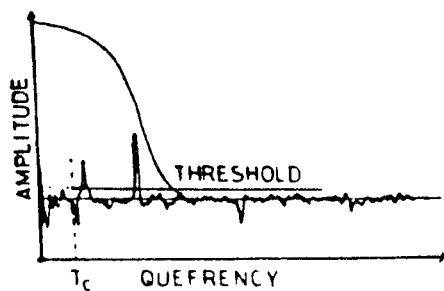


図4 適応形リフタの原理図

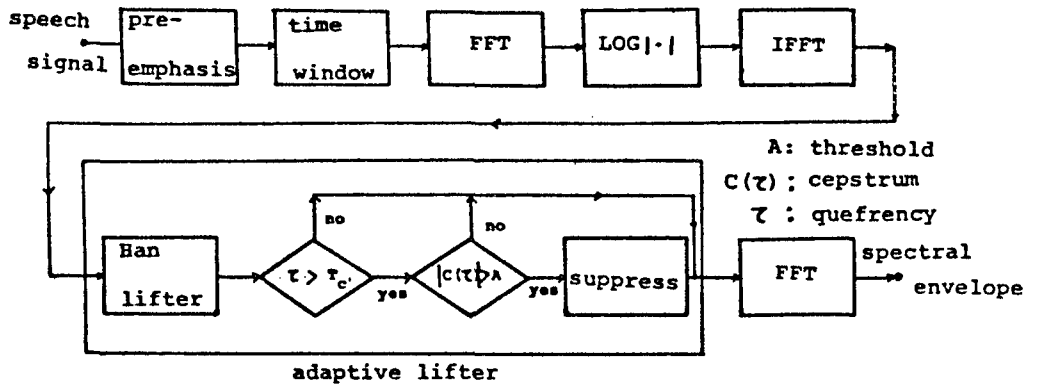


図5 適応形リフタを用いたケプストラム分析の流れ図

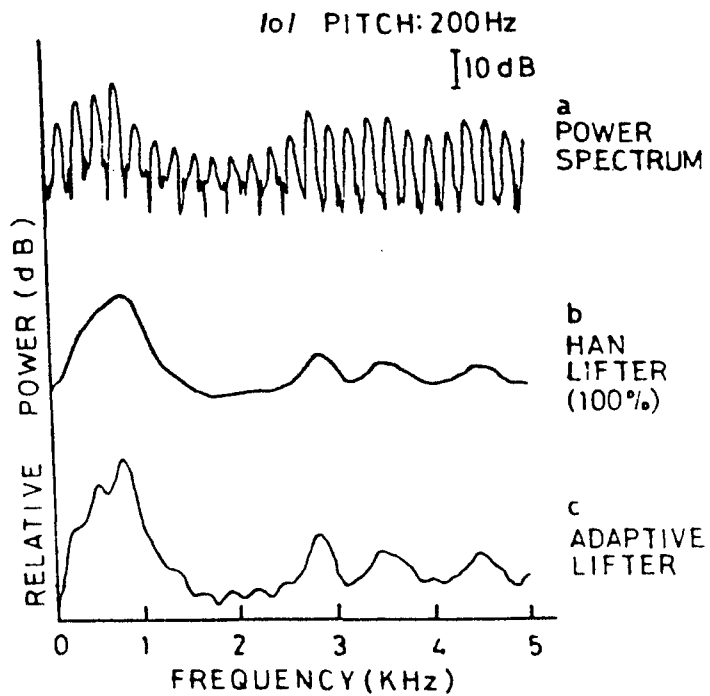


図6 適応形リフタとハンリフタを用いた時の分析結果の違い

審査結果の要旨

音声の工学的研究において、音声の分析は重要な地位を占め長い研究の歴史を持っている。しかし、声帯の振動によって発生した声帯音が声道において特徴づけられて生成される有声音から、直接観測が不可能な声帯音を分離して声道伝達関数を求めるということには、原理的な困難があり、種々の近似的な方法が使われているに過ぎない。ケプストラム分析もその一つであるが、この分析方法は、最近広く使われている全極型、又は極零型モデルを用いる分析法と異なり、モデルに拘束されない自由度を保っていることから、音声の分析以外への応用も含め、注目すべき分析法であると考えられる。しかし、この分析で声帯音成分を除去するために使われるリフタについては、まだ十分な検討がなされておらず、このことがケプストラム分析で声道伝達特性を推定できない場合が生じる原因の一つになっていた。著者はこの点に注目し、リフタについての詳細な検討を行うと共に、新しい考えに基づくリフタを提案し、その有効なことを明らかにした。本論文はこの研究をまとめたもので、6章からなる。

第1章は序論である。第2章では、音声の分析方法全般にわたって概観し、ケプストラム分析の意義と、他の分析法との関連について述べている。

第3章では、従来からの考えによるリフタについて検討し、新しくハンリフタを提案すると共に、リフタの長さの効果を明らかにしている。

第4章では、前章の結果をさらに発展させ、リフタの長さを短くし過ぎずに基本周波数成分を除去するためのリフタとして、種々の櫛歯リフタを提案し、 $\sin x/x$ と矩形の混合型リフタがすぐれていることを示している。

第5章では、前章の考えをさらに発展させて、基本周波数の推定を不要にした適応リフタを提案し、これによりホルマント周波数の追跡が不可能な範囲が縮小されることを、音声波の分析によって示している。

第6章は結論である。

以上要するに、本論文は、ケプストラム分析におけるリフタにつき、その性質を詳細に検討して、櫛歯リフタ、適応リフタ等の新しいリフタを提案し、その有用なことを明らかにしたもので、音声情報処理のみならず、音響・振動波形処理への応用も期待され、通信工学及び情報工学に寄与する所が少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。