

国立国語研究所学術情報リポジトリ

High-Speed Digital Archiving of Magnetic Tape Using a Multichannel Reading System

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-07-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大内, 康裕, OUCHI, Yasuhiro メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15084/00001377

磁気テープの多チャンネル読み取りによる高速デジタルアーカイビング

大内康裕

国立国語研究所 研究系 言語変異研究領域 プロジェクト非常勤研究員

要旨

現在は一般に用いられることの少なくなった磁気テープ、レコード等の記録メディアに保存されている日本語等の音声記録資料が国内外に数多く存在する。その量は再生時間に換算すると数10年分には相当するであろう。言語研究をはじめとする多くの目的でそれらをデジタルデータとして保存し、内容を書きおこし、公開することが望まれているが、それぞれの段階で莫大な時間や費用がかかることから、現在の技術でそれら全てを実現することは困難が伴う。また、記録メディアの種類により適切な再生システムを選定する必要性も生じる。本論文では、膨大な数の過去のアナログ記録メディアからの音声情報を、磁気テープの種類に依らずに高速に読み取る手法について検討を行った結果を示す*。

キーワード: デジタルアーカイブ, オープンリール, コンパクトカセットテープ, 高サンプリング, 高速1ビット信号処理

1. まえがき

過去の音声や映像が記録された情報媒体は世の中に多く存在する。それらは読み取り、保存・公開することで人類共有のきわめて貴重な資源となり得る。また、日本語等の音声記録された貴重な古い記録媒体は日本国内外を問わず多数存在している。さらに今なお眠っている記録媒体も数多く存在すると考えられる。日本国内での記録では、当時の時代背景、失われつつある方言など多くの貴重な情報を含んでいる。また、海外での記録では明治初期から第二次大戦後に亘ってハワイや南米へ移民した日系の一世、二世による記録が多く、同じく時代背景などの情報を含んでいる。それらの資料は言語学、歴史学の観点から非常に貴重な資料となり得る。

音情報の記録の歴史は1857年にÉdouard-Léon Scott de Martinvilleにより発明されたフォノトグラフ (Phonautograph) から始まる。スコットのフォノトグラフは煤の上に音情報の波形を記録するもので、再生ができる記録方式ではなかったが、2008年にフランス科学アカデミーが、1860年4月9日に記録されたフランス民謡「月の光に」の再生に成功した。フランス科学アカデミーではこれを人類最古の録音としている。一方、磁気記録は1887年のValdemar Poulsenのピアノ線を用いたワイヤーレコーダ テレグラフォン (Telegraphon) に始まり、1928年にFritz Pfeumerがテープレコーダを発明、1935年にはこれを実用化したマグネトフォン (Magnetophon) が登場した。1938年の永井健三、五十嵐悌二、同時期のWalter WeberとHans-Joachim von

* 本稿は、人間文化研究機構ネットワーク型基幹研究プロジェクト日本関連在外資料調査研究・活用事業「北米における日本関連在外資料調査研究・活用一言語生活史研究に基づいた近現代の在外資料論の構築—」(プロジェクトリーダー:朝日祥之)の研究成果である。本稿の内容は第147回NINJALサロン(2016年9月13日)での発表「磁気テープの多チャンネル読み取りによる高速デジタルアーカイビング」に基づいている。

Braunmühlによる交流バイアスの発明により、その性能は飛躍的に向上し、1950年代から様々な仕様のテープレコーダが広く普及した。1962年にフィリップス社の提案したコンパクトカセットは、当初は会議の記録用としてモノラルの往復仕様であったが、ステレオ化され音楽を聞く手段としても広く普及した。

今日になって、磁気テープなどのアナログ記録媒体から情報を読み取り、デジタル情報として記録・保存するデジタルアーカイブ化が積極的に行われている。しかし、膨大な量の過去のアナログ記録媒体に対し、機材や人材の不足からデジタルアーカイブ化が追い付かないのが現状であり、再生にも多くの課題がある。オープンリールテープの再生の場合でも、フルトラック、2トラック、4トラックなどの規定があり適切な再生ヘッドの選定が必要となる。また、テープの走行スピードなどに対し、正しく機械の設定も行う必要がある。このように、録音状態に合わせた適切な再生が必要となる。

そこで、本研究では膨大な量のアナログ記録メディアに対し、効率よくデジタルアーカイビングを行う手法の確立を目的としている。本論文では、以下のような手法について検討を行った結果を示す。まずは、磁気テープに記録されているトラック数は考慮せず、同一の多チャンネル再生ヘッドを使用し、テープスピードを高速にして再生を行った。そして、記録は高サンプリングによりデジタル化した。さらに、記録されたデジタル情報に対し、計算機上で適切なトラック数に分割し、再生速度、再生方向の調整を行った。

2. 磁気テープ

磁気記録およびその再生は、磁性材料で構成されている磁気記録媒体上に音声や画像をはじめとした情報を記録し、その情報を読み出す技術である。記録媒体上に信号波形に対応した強さと長さを持つ微小磁石を形成することで、その媒体は一種の不揮発性メモリとして機能する。

細長い鋼鉄片に永久磁石を接触させてから離すと鋼鉄片が磁化されることが知られており、磁気記録はこれを原理としている。永久磁石の代わりに媒体に近接して配置したコイルに信号電流を流し、信号に対応した強さと向きの磁界を作り、媒体に加える。媒体は磁化誘導によって磁化され、信号に対応した強さと向きを持った微小磁石が並ぶ磁気パターンを形成し、その磁性は保持される（横山 1988: 7）。また再生においては、上記の微小の磁石から発せられる磁力線を何らかの方法で拾い、磁力線の変化に応じた電圧を発生させ、記録された原信号を得る。

記録に用いられる媒体としてはディスクやテープをはじめとしてシート、ドラム、カードなどがあり、それぞれ用途に応じて使用されている。記録媒体であるテープは、表面に磁性材料を塗布または蒸着したもので、テープの材料としては一般的にポリエステルフィルムが、磁性材料としては酸化鉄を主成分とするフェライトや酸化クロムなどの酸化物、金属など磁性体粉末などが利用されている。また、記録方式には大きく分けてアナログ方式、デジタル方式がある。

2.1 オープンリールテープ

リールがむき出しになっている方式であり、外的影響を受けやすく埃やテープ表面の傷などが

音質劣化の原因となることが多い。図1にオープンリールテープを示す。記録・再生の際には利用者が直接リールを操作する。リールに巻き取られたテープを図2に示すようなオープンリールデッキに装着し、記録・再生用のヘッドや図3に示すキャプスタンおよびピンチローラを経由して巻き取り側のリールに巻きつけて再生・録音を行う。またテープを取り外す際、テープを全て巻き戻してから行う。オーディオ用アナログテープとしては、オープンリールは（コンパクトカセットに比べて）音源の頭出しがわかりやすくテープを直接切って繋ぐ編集が容易であるなどの特徴がある。1960年代までは一般家庭に広く普及し、主に2トラック1チャンネルモノラル機が利用されていた。1990年代に入ると、カセット式やカートリッジ式のテープメディアに置き換えられ、2000年代に差し掛かる頃にはディスク装置の高密度化と価格低下も加わり、現在では業務用でもほとんど使われなくなっている。



図1 オープンリールテープ

図2 オープンリールデッキ
FOSTEX A-SERIES 8トラックオープンリール録再生機



図3 オープンリールデッキのピンチローラとキャプスタン

テープ幅には1/4インチ, 1/2インチ, 1インチ, 2インチがある。テープは1/4インチ(6.35mm)のものが家庭用でも業務用でも一般的である。1/2インチ幅以上のテープは主にマルチトラック録音用に使われている。図4にオープンリールテープの代表的な規格を示す。フルトラックでは片方向のモノラル録音を行う方式のみとなる。2トラックでは、片方向のステレオ録音を行う方式と往復のモノラル録音を行う方式とがある。4トラックでは、往復のステレオ録音を行う方式と片方向の4チャンネル録音を行う方式とがある。ステレオ録音を往復で行うとき、LRチャンネルの録音は隣り合わせのトラックでステレオ録音をするのではなく、1つ飛ばしたトラックを使って録音する。

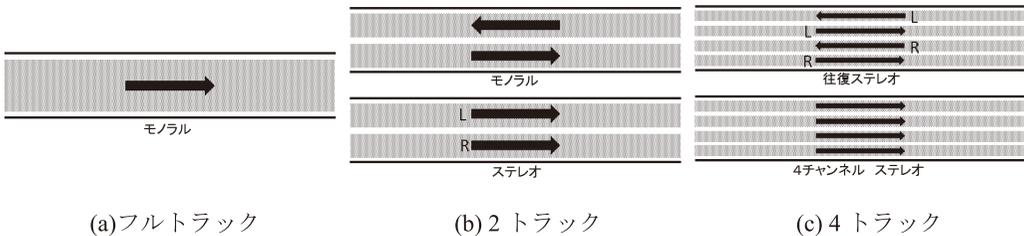


図4 オープンリールテープの規格

その他、業務用途では多チャンネルのマルチトラック・レコーダーもあり幅広のテープを使用している。また、音声信号以外に時間情報を記録するタイムコードトラックを装備するテープもある。タイムコードは SMPTE (米国映画テレビ技術者協会) により規格化されている。マルチトラックに対応した機種では、音声トラックのうち1本をタイムコードトラックに割り当てるのが一般的である。2トラック機の場合は後述のパイロットトラックにタイムコードを記録できるような構成のものがある。他には、タイミング情報を記録するパイロットトラックを装備する方式もあり、電源周波数から作成したパルス等を用いて記録するが時間情報は含まれない。多くは映画を含めた映像関係で利用されていた。

テープの走行スピードは 4.75 cm/s (1.875 インチ /s), 9.5 cm/s (3.75 インチ /s), 19 cm/s (7.5

インチ /s), 38 cm/s (15 インチ /s), 76 cm/s (30 インチ /s) といずれも後述するコンパクトカセットの走行スピードよりも速く、トラック幅も広いのでその分音質がよい。また、テープ長が長いので走行スピードを落とせばより長時間の録音が可能となる。リールの直径は5インチ, 7インチ, 10インチ, 12インチ, 14インチと記録時間に比例して大きくなる。

テープの厚みでは、業務用としては厚み 50 μm 、民生用としては 35 μm が標準的に使用されていた。他に 25 μm 、18 μm があり、長時間録音の必要な場面で使用されていた。薄いテープは、同じサイズのリールで長いテープ長を巻くことができる長所があるが、その反面機械的強度が低く、転写も大きいなどという短所がある。また、薄いテープでは磁性体層も薄くなるので中低音域での感度および最大出力が低下する。一方、高音域は磁性体表面近くにしか記録されないので磁性体層の厚さの影響を受けにくい。

2.2 コンパクトカセットテープ

コンパクトカセットはオランダのフィリップス社がフェライトを素に1962年に開発したオーディオ用磁気記録テープ媒体の規格である。一般的に「カセットテープ」、もしくは「アナログカセット」とも呼ばれている。オープンリール式であった録音用テープを扱いやすくする目的で、フィリップス社がテープとリールをケースに封入した規格を発表し、その後多くのメーカーの参入を得て標準規格となった。初期は会議録音など業務用のメディアと考えられていたが、1960年代後半以降に著しく性能が向上し、1970年代以後は携帯の容易な音楽用メディアとして広く普及し手軽な録音媒体として幅広く活用された。



図5 コンパクトカセットテープ

録音・再生時のテープの走行スピードは 4.76 cm/s ($1\frac{7}{8}$ インチ /s) である。カセットハーフに設けられた穴に一定速度で回転するキャプスタンを通し、間にテープを挟んでゴム製のピンチローラを押し当てることで、テープ位置によるリール巻径の変化に影響されことなく 4.76 cm/s の走行スピードを得ている。録音時と再生時のテープの走行スピードが異なっていると音の高さとテンポが変わるので、走行スピードの偏差は互換性上重要な要素となる。メーカーによって仕

様としているテープの走行スピードは 4.7～4.8 cm/s の範囲で誤差があるので、録音したデッキと再生したデッキでメーカーが違う場合、速度偏差が大きくなりピッチやテンポがずれることがある。

トラック構成は 2トラックで往復のモノラル方式または 4トラックで往復のステレオ方式で、表裏の各面をテープ終端になった時点で裏返して使用する。テープ幅は 3.81 mm で、この表裏各面に、モノラルの時には 1トラックに 1チャンネル、ステレオの時には 2トラックに 2チャンネル（右／左）が割り当てられる。モノラルの 1トラックと同じ部分にステレオの場合は左右各チャンネルが分割して録音される方式であるので、ステレオ録音のテープでもモノラルのデッキで再生可能であり、その逆もまた可能である。

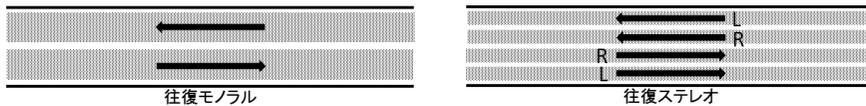


図6 コンパクトカセットテープの規格

3. 高速読み取りによるデジタルアーカイビング

本研究における磁気テープの高速読み取りは図7に示すような流れで行われる。効率の良い読み取りを目的として、多チャンネルヘッドと高速再生による、磁気テープのトラック数に依存しない高速な読み取りを行い、デジタル記録とする。読み取られたデジタル情報は適切な再生速度、再生方向に調整する必要がある。そこで、記録された情報をもとに適切なトラック毎の信号へ分割し、再生速度の調整、再生方向の調整を計算機上でを行い、最終的に磁気テープのデジタル情報として記録を行う。次節ではそれぞれの処理過程について述べる。

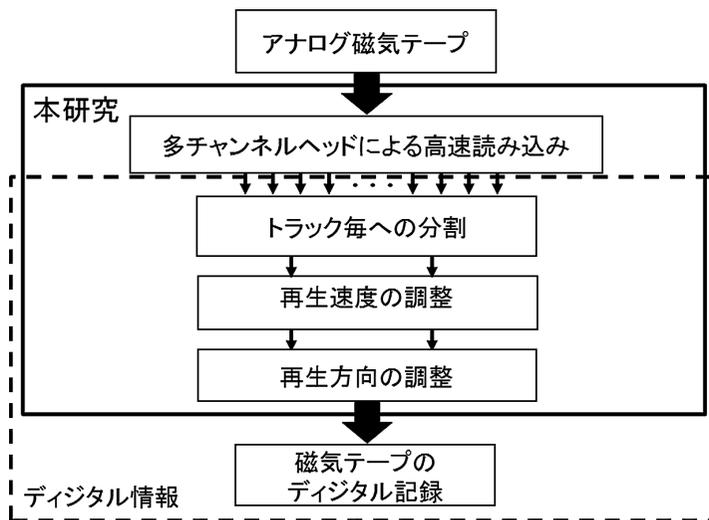


図7 高速読み取りの手順

3.1 多チャンネルヘッドによる高速読み取り

図4や図6に示したように磁気テープのトラック数や録音の方向、テープの走行スピードなどは様々である。それぞれの条件に合わせて再生するには、再生装置あるいは再生ヘッドの選定、機器の適切な設定等を行う必要がある。そこで、再生装置の選定、機器の設定などを行わず同一の再生装置で磁気テープの読み取りを行うことで高効率な読み取りが可能となる。図8に本研究で行う多チャンネルヘッドによる読み取りの概念図を示す。磁気テープのトラック数とは無関係に多チャンネルヘッドで読み取りを行い、多チャンネルのデジタル信号として記録を行う。さらに、テープの走行スピードを高速にすることで読み取り時間の短縮につなげる。高速再生では再生される信号の周波数はテープの走行スピードに比例して上昇する。そこで、本手法ではデジタル化する際の標本化（サンプリング）周波数を通常よりも高い高サンプリングによる記録もしくは高速1ビット信号処理を用いた記録を行う。

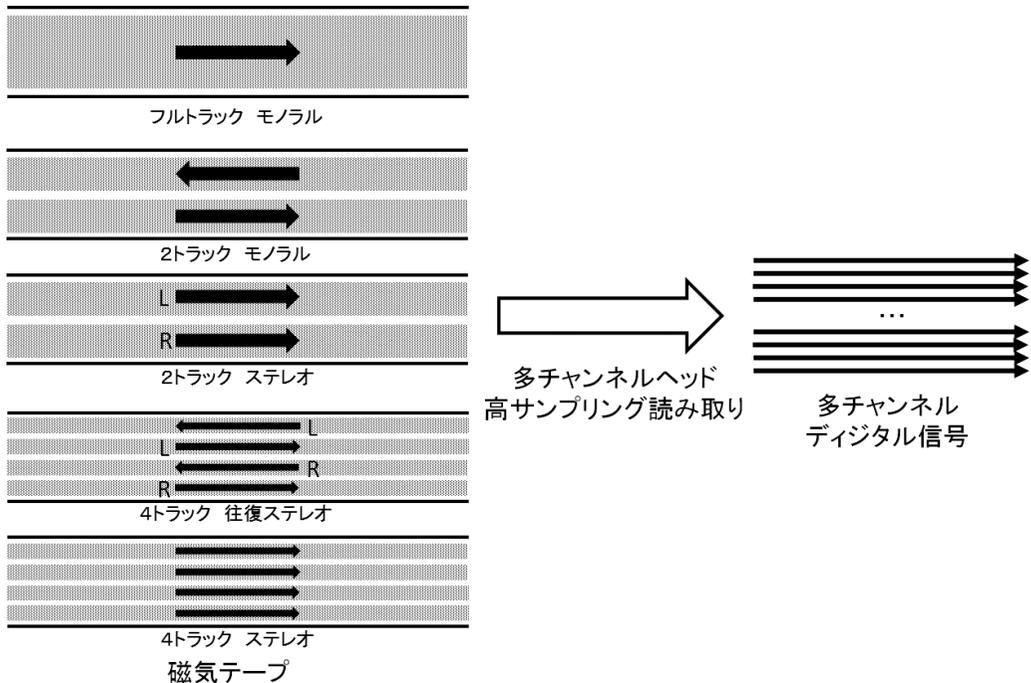


図8 多チャンネルヘッドによる読み取り

3.1.1 高サンプリングによる高速読み取り

磁気テープに記録されている音響信号はアナログ信号であり、これをデジタル化するのがアナログ・デジタル（A-D）変換である。主にA-D変換では標本化（サンプリング）・量子化という段階を経て行われる。一般に音響信号の記録には人間の可聴領域（20 Hz～20 kHz）を考慮し、標本化周波数では44.1 kHzもしくは48 kHzが用いられているが、目的に応じて16 kHz、24 kHzなどの標本化周波数が用いられることもある。一般にAudio CDでは標本化周波数

44.1 kHz, 量子化ビット数 16 ビットが使用されている。また, 近年では音楽の音質向上の目的で人間の可聴領域よりもはるかに高い周波数を含む標本化を行う方式が増えてきており, 一般にハイレゾ (High Resolution Audio) と呼ばれている。その際, 標本化周波数は 96 kHz, 192 kHz などが用いられることが多い。これらの標本化周波数によるサンプリングは通常の 44.1 kHz, 48 kHz の標本化に比べて高い周波数を用いているので高サンプリングと呼ばれている。

本手法では磁気テープをテープの正常な走行スピードよりも高速で再生しデジタルで読み取りを行う。テープの正常な走行スピードの n 倍の速度で再生を行い, 標本化周波数 f_s [Hz] で標本化を行った場合, 読み取られた信号を正常な再生速度になるように変換するには, 再生される周波数の上限は $f_s/2n$ [Hz] となる。つまり, 高速再生し読み取りを行った信号に対し人間の可聴領域を確保するならば, 高速再生した分, 標本化を速くする (標本化周波数を高くする) 必要がある。

3.1.2 高速 1 ビット信号処理による高速読み取り

一般にアナログ・デジタル変換においては標本化周波数が帯域幅を, 量子化ビット数がダイナミックレンジをそれぞれ独立に決定するように捉えられがちであるが, 実際には両者は密接な関係にあり伝送路の質を左右するのは両者の積である (山崎 1990)。例えば標本化周波数を信号帯域より十分に高くすることで, 量子化雑音成分を広帯域に分散させ信号帯域での雑音の低減を図る, オーバーサンプリングという手法が知られている。また Δ 変調と同等の簡単な回路でありながら, 信号帯域外に量子化雑音を集中させるノイズシェーピングを特徴とする $\Delta\Sigma$ 変調方式 (高野・安田・猪瀬 1963) が安田らによって考案されている。高速 1 ビット信号処理は量子化ビット数を極限である 1 まで少なくした方式であり, デジタル化された信号でありながら信号スペクトルがそのまま存在することにより, 通常マルチビットのシステムでは復調に必要なデジタル・アナログ変換器が不要であり, 原信号の帯域成分がそのまま復調アナログ信号となるという特徴を有している (山崎・太田・西川・野間・飯塚 1994)。これらの特徴から, 一般には演算に不向きであってもデジタル・アナログ間のインターフェイスとして利用されている。また, 優れた高精細記録手法として筆者らは, ヴァイオリンの名器として名高いストラディバリウスによる演奏や, ユネスコの世界無形文化遺産に登録されているベトナム・フエの宮廷音楽といった, 後世に継承すべき無形文化財の記録に高速 1 ビット信号を採用している。

3.2 トラック毎への分割

前節で述べた多チャンネルヘッドによる高速読み取りを行った情報は, 磁気テープのトラック数を考慮していない信号である。N チャンネルで読み取りを行った信号は図 9 のように示される。同一のトラックから読み取られた信号であれば, 図中の ch3 と ch4 のように類似性のある波形となる。また, トラックとトラックの境界となる情報であれば ch6 のように振幅が小さな波形となる。このように読み取られた信号の類似関係を調べることで, その磁気テープのトラック数を把握することができ, N チャンネルの情報からトラック毎の情報へと変換することが可能となる。

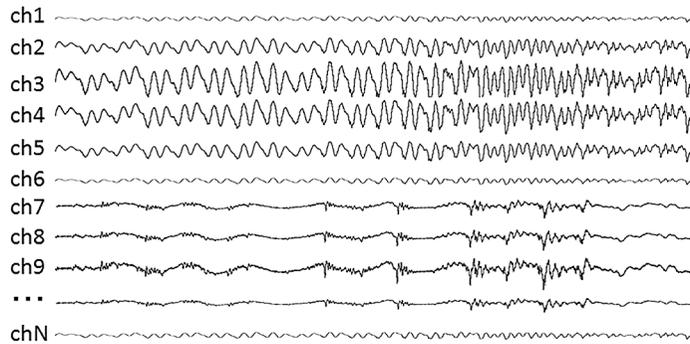


図9 多チャンネルヘッドにより読み取られた N チャンネル信号

3.3 再生速度の調整

テープの走行スピードはオープンリールテープの場合でも 4.75 cm/s, 9.5 cm/s, 19 cm/s, 38 cm/s, 76 cm/s と様々である。また、録音・再生の機械の状態により前述の走行スピードから僅かにずれることもある。本手法では磁気テープの読み取りはテープの走行スピードを高くして再生し、適切な走行スピードに依存せずに読み取りを行っている。テープへの録音時の走行スピードが未知の場合でも、再生機器のテープの走行スピード設定を 2 倍もしくは 4 倍等にすれば、記録される信号の再生速度は適切な速度の大よそ整数倍となることが予想できる。また、厳密な速度変換への手がかりとしてはテープへの録音時に同時に記録される電源周波数の利用も考えられる。通常、電源周波数は録音時に交流電源を利用した際のハムノイズから知ることができる。ハムノイズとは電源周波数に準じた低周波の雑音であり、一般に好まれない信号として扱われる。本手法では録音時に同時に記録されたハムノイズを積極的に利用し適切な再生速度への変換を行っている。また、録音を行った場所により電源周波数が異なるので、そのテープが録音された地域を把握しておく必要がある。ただし、次頁の表 1 に示すように世界中で使用されている電源周波数は 50 もしくは 60 Hz である。次の図 10 に高速読み取りを行った情報の時間波形（上）と周波数スペクトル（下）を示す。ハムノイズは一定の周波数の信号であるので周波数スペクトルでは時間軸と平行にハムノイズによるスペクトルが表示される。図 10 で用いた信号はハワイにおいて収録された音声であり、電源周波数は 60 Hz である。また、スペクトル中から確認できるハムノイズの周波数は約 240 Hz であり、電源周波数の 4 倍となる。このことから、再生速度は 1/4 倍とすれば適切な再生速度へ変換できることが分かる。

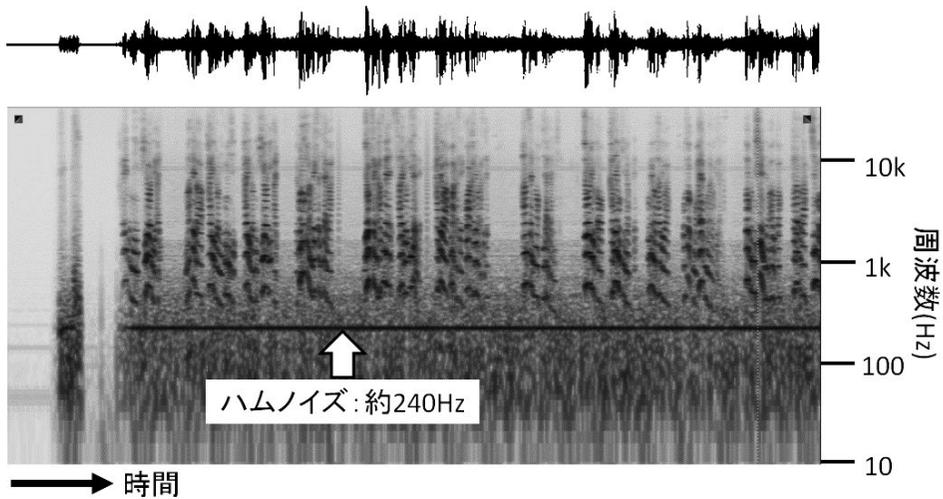


図 10 高速読み取りを行った情報に含まれる音声信号とハムノイズ
上：時間波形，下：周波数スペクトル

表 1 国・地域別の電源周波数

国・地域	電圧 [V]	電源周波数 [Hz]
日本	100/200	50/60
中国	220	50
アメリカ	120	60
ハワイ	120	60
ブラジル	127/220	60
フランス	230	50
イギリス	240	50
エジプト	220	50

3.4 再生方向の調整

本手法により往復方向に録音されている磁気テープに対し読み取りを行った場合、再生方向が逆になる信号が記録される。読み取られた信号はデジタル情報であるので、デジタル化された逆方向の信号は時系列情報を時間方向に対し逆順に並べることで正方向の信号へ変換が可能である。しかしながら、現段階では再生方向を自動判別する手法は確立されておらず、試聴により判別し変換を行っている。

4. 読み取り結果

4.1 オープンリールテープの読み取り

オープンリールテープの読み取りは図 11 や図 12 の左に示すようなオープンリールデッキを用いて再生を行い、図 12 の右に示すような機器を用いデジタル化を行う。VC21 は STN 社の

反訳機を改良し 1 bit オーディオコンソーシアムで策定された WSD 形式を採用したデジタル記録器で、標準化周波数 5.6 MHz、1 bit 量子化、8ch 記録を可能としている。また、TASCAM 社 DA-3000 は標準化周波数 192 kHz、24 bit 量子化および標準化周波数 5.6 MHz、1 bit 量子化による記録を可能としており、いずれも 2ch まで対応している。4ch による読み取りの場合、DA-3000 は 2 台使用する。また、後述する図 18 の右に示す ZOOM 社 H6 を用いてデジタル記録を行うことも可能である。H6 は標準化周波数 96 kHz、24 bit 量子化、6ch の記録を可能としている。これらの機器を組み合わせ、オープンリールテープの高速読み取りを行う。



図 11 オープンリールデッキ
TEAC 社 TASCAM SERIES 22-4



Kudelski NAGRA 4.2
幅330×奥行240×高さ110mm
重さ5kg
電池による駆動が可能

4チャンネル
2～8倍速



VC21

5.6MHz、1bit、8ch



TASCAM DA-3000

192kHz、24bit、2ch
5.6MHz、1bit、2ch

図 12 オープンリールテープの読み取りシステム

4.1.1 オープンリールテープの読み取り結果 その1

テープの走行スピードを 38 cm/s として再生を行い、読み取りは図 12 に示した TASCAM 社 DA-3000 を用い、標本化周波数 192 kHz、量子化ビット数 24 bit により 4 チャンネルにて行った。読み取り時間は 942 秒 (15 分 42 秒) である。図 13 にそのテープの読み取りを行った結果を示す。図 13 による波形では各チャンネル間の類似性が高いことが確認でき、フルトラック (モノラル) もしくは 2 トラック (ステレオ) による録音である可能性が高いことが分かる。従って、いずれの場合でも読み取られた各チャンネルに含まれる音声は同一の内容となる。また、図 14 に図 13 の 1ch における信号の周波数スペクトルを示す。信号全体に強い単一周波数成分が確認でき、収録時に音声と同時に録音されたハムノイズと考えられる。さらに、図 15 に短時間区間における周波数スペクトルを示す。120 Hz 付近に鋭いピークが確認でき、同様にハムノイズによる成分と考えられる。本テープはハワイに移住した日本人のインタビューを録音したもので、録音もハワイにおいてされたものである。表 1 によるとハワイの電源周波数は 60 Hz であるから、高速読み取りを行った信号は 1/2 倍の再生速度にすることで、正しい再生速度に変換される。本節におけるオープンリールテープを通常の再生方法で読み取りを行った場合、約 30 分の時間を要するが、本手法では約 1/2 の時間で読み取りを行ったことになる。

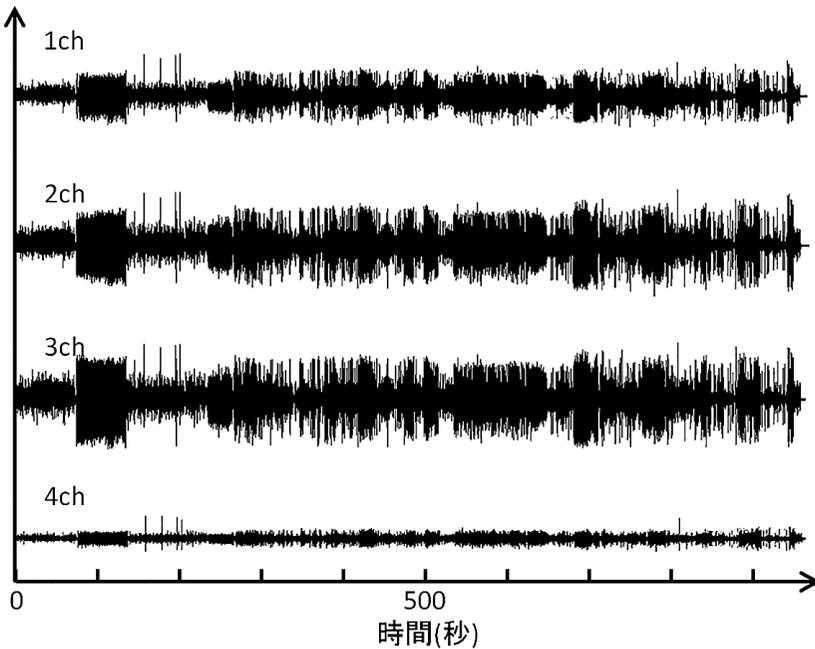


図 13 フルトラックの読み取り結果

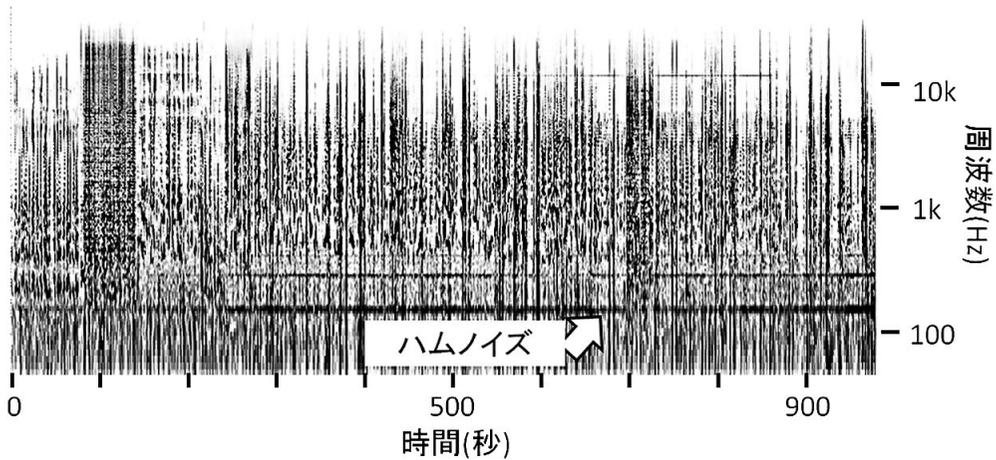


図 14 1ch の周波数スペクトル

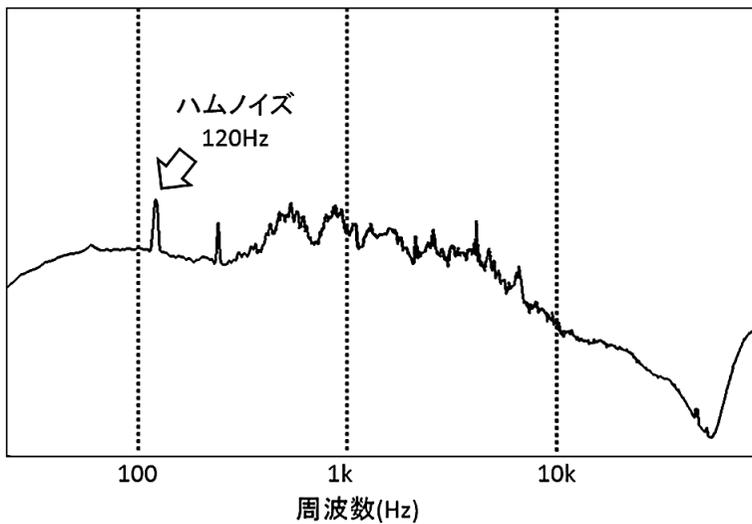


図 15 短時間区間における周波数スペクトル

4.1.2 オープンリールテープの読み取り結果 その2

前節での読み取りと同様にテープの走行スピードを 38 cm/s として再生を行い、読み取りを行った。標準化周波数 192 kHz、量子化ビット数 24 bit、4 チャンネルにて行った。読み取り時間は前節と同様に 942 秒（15 分 42 秒）である。次頁の図 16 にそのテープの読み取りを行った結果を示す。図 16 では 1ch と 3ch、2ch と 4ch のそれぞれの信号間において類似性が確認でき、4トラックによる録音であることが分かる。従って、1、3ch と 2、4ch をそれぞれ分けて処理を行う。また、次の図 17 に図 16 の 1ch における信号の周波数スペクトルを示す。信号全体の 240 Hz 付近に強い単一周波数成分が確認でき、録音時に音声と同時に記録されたハムノイズと考えられる。

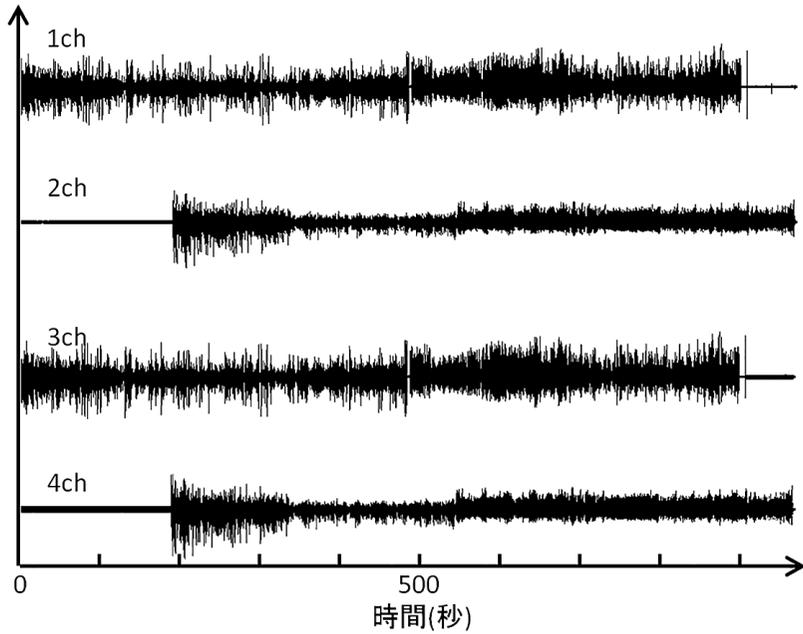


図 16 4トラックの読み取り結果

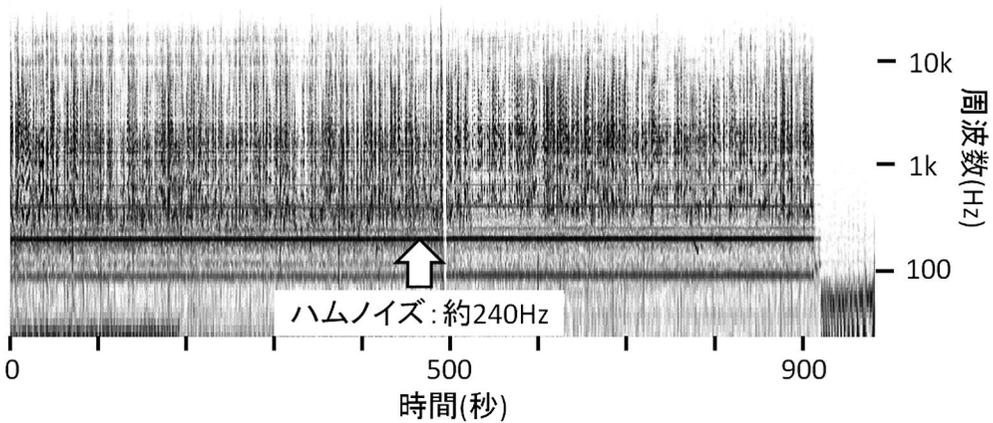


図 17 1chの周波数スペクトル

本テープの内容もハワイにおいて録音されたものである。ハワイの電源周波数 60 Hz と図 17 で確認できるハムノイズ 240 Hz を比較すると約 4 倍異なることから、再生速度を 1/4 倍にすることで、正しい速度で再生される。また、音声記録されていないと思われる無音区間の位置（1, 3ch では信号の後方、2, 4ch では信号の前方）から 1, 3ch の再生方向は正方向、2, 4ch の再生方向は逆方向であると予想され、視聴により予想通りの再生方向であることが確認できた。そのことから、約 60 分間の往復録音であることが分かる。本節におけるオープンリールテープを通

常の再生方法で読み取りを行った場合、約 120 分の時間を要するが、本手法では約 1/8 の時間で読み取りを行ったことになる。

4.2 コンパクトカセットテープの読み取りとその結果

コンパクトカセットテープの読み取りは図 18 に示すようなコンパクトカセットデッキを用いて再生を行い、同図の右に示すような機器を用いてデジタル化を行う。コンパクトカセットテープの再生に用いる TASCAM 社 PORTASTUDIO 424 は 4ch 入出力を搭載し、再生速度は通常テープの走行スピードの倍速である 9.52 cm/s による再生を可能としている。記録で用いる ZOOM 社 H6 は前述したように標本化周波数 96 kHz、24 bit 量子化、6ch によるデジタル記録を可能としている。また、図 11 もしくは図 12 に示した機器を使用することも可能である。これらの機器を組み合わせコンパクトカセットテープの高速読み取りを行う。



図 18 コンパクトカセットテープの読み取りシステム
左：TASCAM 社 PORTASTUDIO 424
右：ZOOM 社 H6 96 kHz, 24 bit, 6ch

テープの走行スピードを 9.52 cm/s として再生を行い、読み取りは図 18 右に示した ZOOM 社 H6 を用い、標本化周波数 96 kHz、量子化ビット数 24 bit により 4ch にて行った。読み取り時間は 1350 秒（22 分 30 秒）である。次の図 19 にそのテープの読み取りを行った信号に対し 10 秒～20 秒の区間を拡大した結果を示す。図 19 による波形では 1, 2ch および 3, 4ch がそれぞれチャンネル間の類似性が高いことが確認できる。また、多くのコンパクトカセットテープは往復で使用することが多く、読み取りを行った信号の 3, 4ch は逆方向の信号と考えられ、試聴により確

認ができた。次に、図 20 に図 19 の 1ch における信号の周波数スペクトルを示す。オープンリールテープの場合と同様に、信号全体に対し 120 Hz 付近と 240 Hz 付近に強い周波数成分が確認できる。同様に図 21 に 3ch における信号の周波数スペクトルを示す。120 Hz と 240 Hz 付近に強い周波数成分が確認できる。これらは電源周波数によるハムノイズによる成分と考えられる。本テープもハワイにおいて録音されたインタビューであり、電源周波数は 60 Hz となる。今回行った再生では 2 倍速再生であることからハムノイズによる周波数は 120 Hz と考えるのが妥当であり、240 Hz はその倍音成分であると考えられる。また、2 倍速再生を行ったことから、高速読み取りを行った信号は 1/2 倍の再生速度にすることで、正しい再生速度に変換される。本節で示した信号が録音されたコンパクトカセットテープは 90 分（片側 45 分）のテープであるので、通常の再生方法で読み取りを行った場合、約 90 分の時間を要する。本手法では 22 分 30 秒で読み取りを行っているので、通常の再生と比較した場合、約 1/4 の時間で読み取りを行ったことになる。

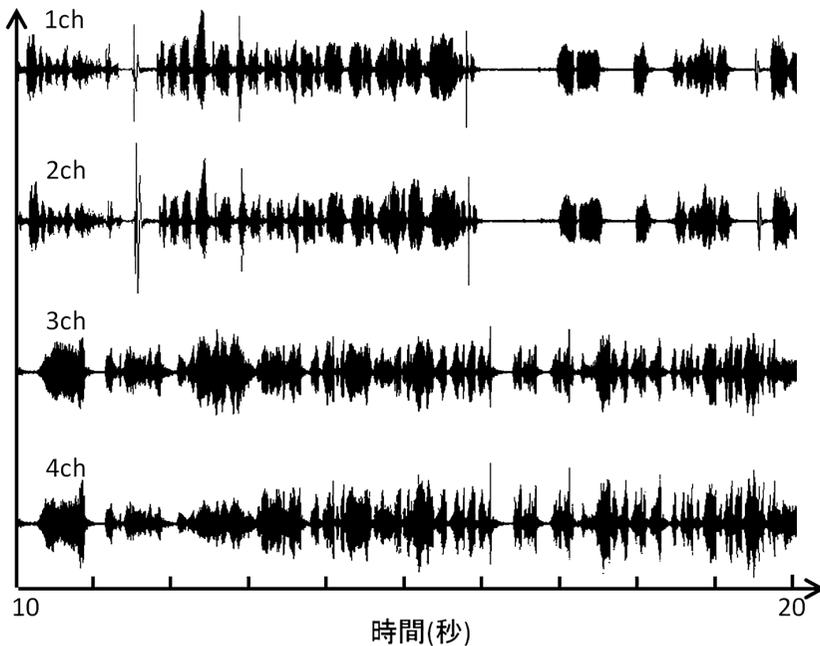


図 19 コンパクトカセットテープの読み取り結果（表示区間 10 秒～ 20 秒）

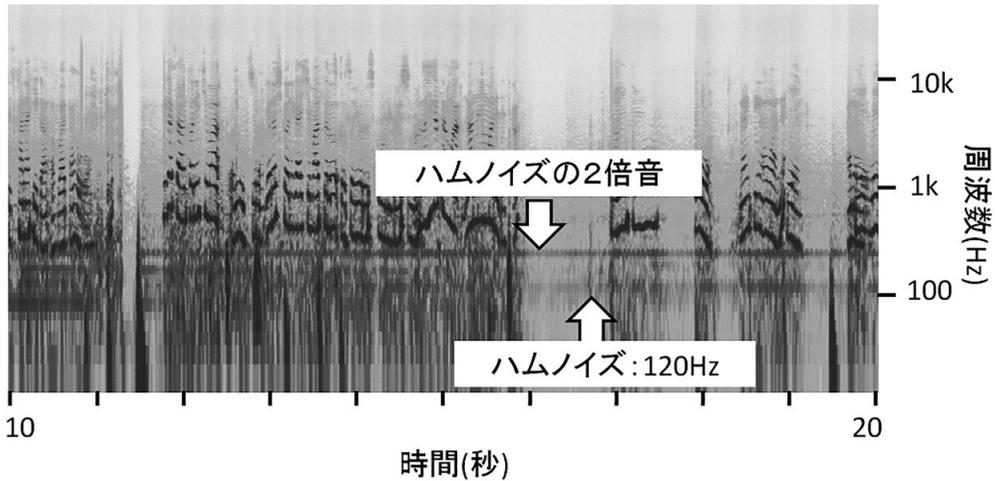


図 20 1ch の周波数スペクトル (表示区間 10 秒～ 20 秒)

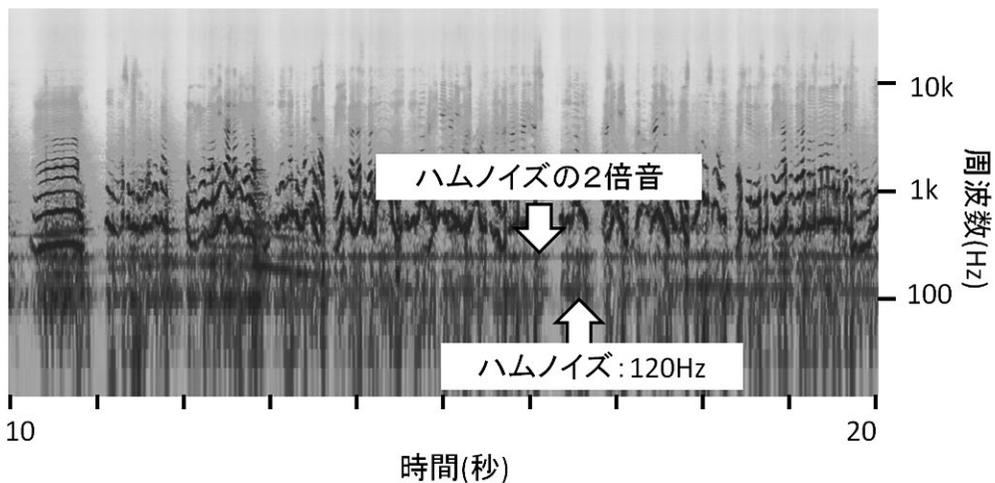


図 21 3ch の周波数スペクトル (表示区間 10 秒～ 20 秒)

5. むすび

本研究では膨大な量のアナログ記録メディアに対し、効率よくデジタルアーカイビングを行う手法の確立を目的とし検討を行った。磁気テープのトラック数は考慮せず、多チャンネルヘッドを使用した高速再生による読み取り、計算機上におけるトラック数の分割、再生速度の調整、再生方向の調整の検討を行った。今回行った読み取りではオープンリールテープ、コンパクトカセットテープ共に4チャンネルヘッドを用いた。磁気テープの読み取りは片道録音、往復録音、モノラル、ステレオに関わらず、すべて片方向のみのテープ走行で行った。そのことにより読み取り時間は通常の再生時間に比べて1/2～1/8に短縮することができた。現段階ではトラック毎の分割、再生速度もしくは再生方向の調整は音響編集ソフトウェア (Adobe Audition 3.0) を用

い試聴しながら行い、それぞれの処理は独立して行っている。

膨大な量の磁気テープに対し本手法を用いる場合は一括で処理を行い、それぞれの処理を自動的に行う必要がある。適切なトラック数への自動分割に対しては各読み取り信号間の相互相関を求め、高い相関値を示す信号を同一トラックの信号とみなすことができる。再生速度の自動調節に対してはハムノイズによる電源周波数に着目することで、適切な再生速度への変換が可能と考えられる。しかしながら、乾電池駆動による録音に関しては電源によるハムノイズは発生しないので、他の手法を検討する必要がある。再生方向の自動調整に対して、再生方向を識別する技術は现阶段では確立されていないが、次のような手がかりを考慮することで識別が可能ではないかと考えられる。音声だけではなく物理現象により発生した音は指数関数的に音圧が減衰するのが一般的である。再生方向が逆の場合、その減衰過程が逆になるので、聴感上違和感を感じることが多い。また、発声した言葉も逆順になるので、音声認識技術を利用すれば逆再生の識別は可能になるのではないと思われる。すなわち信号の減衰過程や音声認識技術を応用することで再生方向の自動調整が可能ではないかと考えられる。また、1982年に発売されたコンパクトカセットデッキ Nakamichi 社 DRAGON はアジマスを自動で調節する機能を搭載している。アジマスとは磁気ヘッドの間隙の向きとトラックの走行方向のなす角度のことをいう。アジマスは図 22 に示す角度で、90度が最適となる。これを外れると記録波長よりも見かけのギャップ長が大きくなってしまい、ギャップ損失が増大することから高域特性が劣化する。アジマスのずれは再生時のみではなく、記録時の記録磁気ヘッドのアジマスのずれからも生じる。今回使用した読み取りヘッドは4チャンネルヘッドであるが、さらに多くの8チャンネルヘッド、16チャンネルヘッドを用い、隣接するチャンネルの相互相関関数を求めることでアジマスを把握することができる。この値が90度となるよう、計算機上で読み取り信号を時間方向に移動することでアジマスの調節が可能となる。

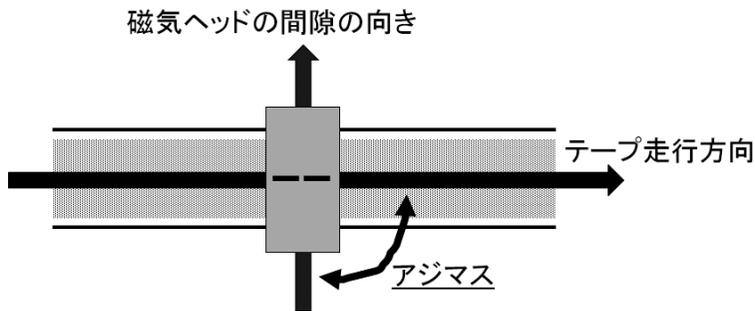


図 22 アジマス

参考文献

- 高野洸・安田晴彦・猪瀬博 (1963) 「 Δ - Σ 変調方式によるテレビジョン信号の伝送」『テレビジョン』17(10): 606-610. 一般社団法人映像情報メディア学会.
 山崎芳男 (1990) 「AD・DA変換技術①」『JAS Journal』8月号: 9-14. 日本オーディオ協会.

山崎芳男・太田弘毅・西川明成・野間政利・飯塚秀幸（1994）「広帯域音響信号の高速標本化 1 bit 処理」『信学技報』EA93-102. 電子情報通信学会.
横山克也（1988）『磁気記録技術入門』東京：総合電子出版社.

High-Speed Digital Archiving of Magnetic Tape Using a Multichannel Reading System

OUCHI Yasuhiro

Adjunct Researcher, Language Variation Division, Research Department, NINJAL

Abstract

There are many audio recordings of Japanese in both Japan and abroad, stored on recording media such as magnetic tapes and records, which are generally no longer used today. The total amount of material would be equivalent to decades of playback time. It is desirable that these should be stored as digital data, with their contents transcribed and made public, for linguistic research and many other purposes. However, the conversion process takes a great deal of time and is very costly at each phase. Therefore, it is difficult to convert all the material with current technology. Additionally, it is necessary to select an appropriate reproduction system based on the type of recording medium. In this paper, I discuss the results of examining a method of high-speed reading of audio information—that does not depend on the type of magnetic tape—from a huge number of analog recording media made in the past.

Key words: digital archiving, open reel tape, compact cassette tape, high sampling, high-speed 1-bit signal processing