

平成 22 年度 国立情報学研究所 市民講座 第 4 回
「三次元でモノを見る－3D ディスプレイを支える映像技術とは？」
講師： 後藤田 洋伸 （国立情報学研究所 情報社会相関研究系准教授）

◆ 講 義 ◆

後藤田／皆さん、こんにちは。ご紹介にあずかりました後藤田です。

本日は、悪天候の中、お集まりいただきまして、誠にありがとうございます。

これからですね、3D でモノを見る、という話しをするわけなんですけど…。

まず最初に、皆さまにお詫びを申し上げなくてはならない話があります。

「三次元でモノを見る」と言っておきながら、今日、この講演は全部、2 次元で行います。大変申し訳ございません。せめて、メガネぐらい配らないのかとかいう話もあると思うのですが、そちらのほう、予算の都合もありまして、間に合いませんでした。

もう 1 つ。3D といいますと、ディスプレイ以外にも、いろんな技術要素があります。例えば、カメラ、それから放送ですと、どうやってそれを伝えていくか。

それから伝えたものをどういうふうにして……例えば、ブルーレイのようなメディアに格納するか、いろんな話があると思うのですが。

それらを全て網羅できるほどの知識は、私にはありませんので、今日は「見る」ということに特化して、3D ディスプレイの話だけをします。

さて、ちょっと本題に入る前に皆さまにお聞きします。

3D 映画、見たことがある人、どれくらいいらっしゃいますか？

かなりいらっしゃいますね。

じゃあ、3D テレビって見たことがある人、どれくらいいらっしゃいますか？

多いですね。はい。

・スライド 1 「最近の報道記事から」

実はこのお話をさせていただくにあたって、新聞記事をいろいろ調べてみました。世の中の人がどれくらい 3D というのを知っているのか。

ということで、調べてみたのですが、あんまり適当な調査報告がないんですね。

いちばん下のラインに、3D 映画「見た」2 割。

ただし、この記事は 2009 年。すみません。あの皆さまにお手もとにお配りしている資料の方は 2010 年 10 月 19 日となっておりますが、2009 年です。去年、こういうふうな記事が出ていまして、1 年前の段階では 2 割くらいしか見た人がいない。今は結構多くの人が見ているのか、それともまだあんまり興味がない人がいるのか。

研究所の中で、いろいろな人に話を聞くのですが、うちの研究所はなんか特別な人たちが多いのか、「いや、そんなの興味がないよ」という人が結構います。

ということで、今、2 割ではないということがこの中で分かって非常にホッとしています。

あと、報道記事の方ではテレビを实际買いたいのか、買いたくないのか、そういうのがいろいろ書いてあり

まして。パーセンテージはいろいろと出ています。

2 割が買いたいとか、4 割が買いたいとか、5 割が買いたいとか、グジャグジャです。

いずれにしても最近「3D というのがなんか盛り上がってるな」ということが一つ分かるということ。実際に「買いたい」とか「観たい」と思っている人がどれくらいいるか。実はこのような調査では、あんまり分からないことが、わかりました。

・スライド2「報道に見る「3D」」

こちらのスライドは、3D に関してどれくらいの報道がなされているのか、ということを新聞記事のほうからちょっと見た話しになっています。

赤い線が朝日新聞です。

それから、その他、その他って大変失礼ですね。日経新聞、毎日新聞、読売、産経新聞、各紙各新聞社がどれくらい 3D ということについて報道したのかが書いてあります。

朝日新聞は若干特殊なんです、それ以外の、…すみません。日経・毎日・読売・産経といった新聞社の新聞記事の件数というのは、大体似たようなカーブを描いていまして、

去年、2009 年は、秋ぐらいまでは非常に低調で、秋になってからちょっとググッと増えだして、2010 年、今年の 1 月になってから、報道記事の数がドーンと増えた。そういうような状況になっています。ちなみに、先ほど 3D 映画を見たことがあるとお答えになった方々、今年になって初めて見たという方、どれくらいいらっしゃいますか？

2009 年。去年はじめて見たという方は？

それ以前からずっと知ってるよ？という方は、皆さんほとんどですね。

はい。特殊な方々です。

今年、新聞報道なんかによりますと、一応キャッチフレーズが作られていまして、「2010 年は 3D テレビ元年だ」という言い方をしています。

そして同じように、去年は「3D 映画元年」だったというふうに言っています。

・スライド3「過去にもあった「3D」ブーム」

ただ皆さま、3D について非常によくご存じだということが、今、分かりましたけれども。

3D 映画元年ということで、2009 年を位置付けるのは、あまり適切ではない、というのが、3D の歴史をよく知っている人たちのおっしゃっている話です。

私もあんまり知らなかったのですが、過去に 3D 映画のブームっていうのが何回かありまして、多くの方々の意見を総合すると、少なくとも 2 回あった。

1 回目は第二次世界大戦が終わって、しばらく経った 1952 年から始まって、3 年ぐらいで消滅した、そういうブーム。

それから 2 回目が、1980 年頃に始まって、やはり 3 年か 4 年ぐらいで終わってしまったブーム、そういうのがあるそうです。

この 80 年からのブームって、私は生きていたはずなんです、あんまり知りません。

実際のところ、私にとっての 3D というのは IMAX シアター、というイメージなんですけれども。一応こういうブームがあったというふうに言われています。

今回のブームが去年から始まったと言われているので、2009 年を起点として、あと 3 年続くのか、あ

るいは5年続くのか、もっと早く終わってしまうのか、いろいろな人たちがいろいろな予想を立てています。

過去のブームがなんで失敗したかについても、分析がなされているようですが。

識者の方々の意見を総合しますと、いわく、技術が未熟であった。

あるいは魅力的なコンテンツがなかった、そういったことを指摘される方が多いようです。

今回のブームに関して言うと、技術という点に関しては、昔と決定的に違うところがあって、デジタル化っていうのが非常に映画の世界で進んでいて、それがこういったものを作りやすくしている大きな要因だというふうに考えられます。

コンテンツを作るための道具というのも、過去とは比べものにならないほど、豊富になってきています。ということで、楽観的な人たちは、「このブームはもっと続くんだ」。悲観的な人たちは、「いや、どうせ終わるよ」と。その辺を適当に言っておけば、しばらくは3Dの専門家っぽく振舞うことができるのかなという、なんだかそういうふうな状況です。

この辺が現在、3Dに関して世の中で言われていることです。

ですが、実は3Dというのは戦後始まった話ではなくて、ずっとずっと昔からある話で、実は技術的な基盤というのが、なんと今から100年くらい前にかなりの部分のところができている。100年くらい前に出てきたアイディアを、少しずつ少しずつ醸成しながら、今の現在に至っているというのが、歴史を調べてみるとハッキリわかることです。

これは非常に面白い話だと思います。

・スライド4「そもそも「3D」とは？」

さて、先ほどから「3D」「3D」ということを、しきりに言っています。

そもそも3Dとはいったい何なのか、ということを最初にご説明申し上げたいと思います。

3Dとは何か。

まず、あの…バカバカしい話ですけども、3Dというのは、Three Dimensionalという言葉が略したのになっています。

Three Dimensionalというのは、「3つの次元の」ということで、日本語訳にすると、「3次元の」といったことになると思います。3次元ということは3つの方向に広がりを持っていること。横の方向、縦の方向、そして、皆さんから見た場合は、奥行き方向にも広がりをもっているということです。

3D映画、3Dテレビ、3Dディスプレイという言葉があります。

「3次元のテレビ」とか言うと、「奥行きがあるテレビ」と思われるかもしれませんが、そんなことはもちろん皆さんご存知のようになくて、ほとんどが薄型テレビでできています。

3Dナントカと言ったときの「3D」が何を意味しているかということ、画像とか映像を見た人が、実際に、何らかの形で奥行き感を感じることができる。

そういった場合に「3D」というふうに呼ぶことが多いようです。

別名は、立体映画、立体テレビ、立体ディスプレイ。

ここで注意してほしいことは、実は奥行き感を感じるということに関して言うと、3Dというのは、必ずしも必要ではない。

2次元の、3Dに対比する言葉として、2Dという言葉がありますけれども、2次元の画像とか、2次元の映像とか、そういったものからも奥行き感というのを得ることができます。

例えば、皆さんよくご存じだと思いますが、絵画で遠近法という方法がありますけれども、これはそもそも奥行き感を出すために作られている方法です。

なので、実は3Dという言葉も、定義することは難しく、Three Dimensional の略だということが簡単に言うことができますけれども、奥行き感がある、ない、それだけでは、3D と 2D を区別することはできない。

・スライド5「3D」のもたらす「奥行き感」

じゃあ、どうやって区別するのか、或いは、これをどう定義するのか。ということですが、私が思うに、これの定義は非常に難しいので、もう端的に私たちが普段使っている生理現象をですね、奥行きをどういうふうに知覚しているかのメカニズムを通して説明するのが一番的確だというふうに思っています。

つまり、私たちは普段、身の回りのものを見て、ここは奥行きがあるなぁと感じる時に、だいたい4つぐらいのメカニズムを使っていて、そういうメカニズムが働いているか働いていないかということで、3D か、そうでないかということとを区別する。

そんなのがいいのではないかと思います。

4つのメカニズム。1つが、両眼視差、もう1つ目が運動視差、3番目が、なんだか難しそうな漢字が書いてありますけれども、輻輳は「ふくそう」というふうに読みます。

4番目が焦点調節。そういったような現象。

こういったメカニズムを使って、私たちは普段身の回りのものを見て、これは奥行きがあるな、ないなというようなことを理解しています。

3D テレビ、3D 映画、或いは、3D ディスプレイ。そういったものが何をしているのかというと、私たちの視覚にうまく働きかけて、両眼視差という現象を引き起こしたり、運動視差という現象を引き起こしたり、輻輳という現象を引き起こしたり、焦点調節という現象を引き起こすことによって、あたかもそこに、奥行きがあるかのように錯覚させている。これが、3D というものを的確に表現するいい方法だと私は思います。

では両眼視差とか、運動視差とか、或いは輻輳、調節、それぞれどういうことなのかということ、簡単にご説明します。

・スライド6「奥行き知覚のメカニズムーその1」

まず、両眼視差ですね。

こちらのスライドを見ていただくとわかりますが、左側に左目用の画像があって、右側に右目用の画像があります。

左目用の画像と右目用の画像は当然違います。両方重ね合わせると、その違いが歴然としてきます。さて、この左目用の画像と右目用の画像、2つの画像がどのように違うのか。どうやって両者が関連していて、どういうふうにずれていくのか。その「ずれ」が奥行きを知覚する上で重要な手がかりになっている。これが両眼視差という現象です。

ちなみに今、両眼視差の説明をしましたが、右目の画像、あるいは左目の画像どちらでもいいですが、片一方だけを見ても、結構奥行きがあるなぁと感じる人が多いと思います。これが先ほど申し上げ

げた2次元の画像から感じる奥行きというもので、遠くのは、近くのものに遮られて見えないとか、或いはこの辺にタイルがありますけれども、近くのタイルは大きくて、遠くのタイルは小さくなっている。こういうので、結構奥行き感が得られます。

今言っている両眼視差というのは二つの目を使って知覚する現象で、左目で見た画像と右目で見た画像が違う、その間に、どのような関係があって、どのように両者がずれているのか。それから奥行きを推定する。そういうのが両眼視差という現象です。

・スライド7「奥行き知覚のメカニズムーその2」

これと非常によく似たような話で、運動視差というのがあります。

これは、一つの目でも知覚できる話なんですけれども、頭を動かした時に、世の中の見え方が、どう変わるのかというのを表したものです。近くにあるものは大きく振れるし、遠くにあるものはあんまり動かない。そういったことから、奥行きというのをそれぞれの物体に対して奥行きを推定する。

・スライド8「奥行き知覚のメカニズムーその3」

3番目。輻輳という現象ですね。

輻輳は、目が二つないと知覚できない話なんですけれども。

ものを見る時に、例えばこの場合ですと、赤い玉を一生懸命見ようとすると、必然的に近くのものを見ようとすると寄り目になります。

目がぐっーと寄り目になったり、或いは、遠くのほうを見ると、寄り目でなくて、開放された形、視線の方向がほぼ同じ方向を見るようになったりする。

寄り目になったりならなかったりで、近くにあるもの、遠くにあるものを検知するのが輻輳という現象です。

・スライド9「奥行き知覚のメカニズムーその4」

最後に、焦点調節。或いは、簡単に「調節」というふうに呼ばれていますけれども、そういう現象があります。

これは何かというと、近くのものを見ようとした時に、人間の目はそこに焦点を合わせようとします。近くのものを見る時には、目の中にある水晶体というレンズ、これを厚くして、それから遠くの方にあるものを見る時は、水晶体を薄くする。

それで屈折の度合いを変えて、しっかりそこに焦点が合うようにする。そういう話があります。

この、水晶体を引っ張ったのか、引っ張っていないのか、重要な奥行き知覚のメカニズムの重要な要素になっていて、こういうのを調節とか、焦点調節とか、水晶体調節とか、そういったような言葉で呼んでいます。

・スライド10「様々なレベルの「3D」

さて、今、4つのメカニズムの話をしました。

1つが、両眼視差。1つが、運動視差。1つが輻輳、それから1つが焦点調節。

我々はこの4つのメカニズムをうまく使って、普段、奥行きというのを知覚しています。

4つのメカニズムはそれぞれ重要なのですが、重要度はものによって違うみたいです。

例えば、年を取ると、老眼とかいって、焦点調節が効かなくなってくるんですけれども、そうなった人

たちには、焦点調節はあまり意味のない機能で、両眼視差や輻輳とかが重要な奥行き知覚のメカニズムになりますし。

若い方はこの4つをフルに動かして奥行きを知覚している。

3D映画にしる、ディスプレイにしる、テレビにしる最も望ましいのは、これら4つの機能すべてをうまく使って、すべてを通して奥行き感を知覚するのが一番望ましいっていう形になります。これがたぶん究極の3Dということになると思います。

なので、これをやればいいんですが、これはなかなかできないので、仕方なく、別な方法がとられています。

現在、いろんな3Dナントカがありますが、ほとんどのものは「二眼式」というふうに呼ばれているものです。今、皆さんが映画館に行って見る3D映画とか、家電量販店で買えるような3Dテレビというのでは、この二眼式というのが使われています。

二眼式というのは何かというと、「二つの目を使って見る」ということの二眼式の基本的な意味なんですけれども、両眼視差と輻輳という二つの現象を使って奥行き感を感じ取ることが出来る。そういうものになっています。

二眼式の中では運動視差は当然なくて、それから焦点調節っていうのも機能しません。

この焦点調節が機能しないということや、運動視差がないことが、視覚疲労の原因の1つというふうに言われています。

これが、現在主流になっている3D映画、テレビ、ディスプレイの特徴です。

これに対して、「多眼式」と呼ばれている方式もいろいろと研究開発がなされています。製品もいくつかあります。

多眼式というのは、目が多数。目が多数って、人間には目は2つしかないので、それ以上見ることはできませんが、言っていることの意味は何かというと、複数の場所からそのディスプレイを見ることが出来る。ちょっとまだあいまいな言葉ですね。ざっとそういう意味ですが、二眼式とだいたい一緒で、基本は両眼視差と輻輳によって奥行き感を感じるのですが、それに加えて、若干の運動視差があります。なので、両眼視差、輻輳、運動視差、この3つのメカニズムを通して奥行きを知覚する。

望ましいのは、さらに焦点調節っていうのが働くことが望ましいのですが、そういうのが機能するほどの細かさは多眼式にはないと、そんな話になっています。

これから具体的に、こういう両眼視差、輻輳、運動視差というのがどういうふうにしてディスプレイの技術として実現されているかということをご説明します。

「3Dディスプレイの昔と今」と書いてあります。皆さんは基本的に、現状にしか興味がない。すみません。多くの方は、現状にしか興味がないと思います。今どうなってるんだ。早い話をいうと、Panasonicのディスプレイを買うのがいいのか、SONYのを買うのがいいのか。そういうのを知りたいと。そうことを、もし質問票に今、書かれても残念ながらお答えできないです。そんな知識もございません。

それから映画館で見るのに、IMAX 3Dシアターに行くのがいいのか、何でしょうね・・・マイカルワナに行くのが良いのか、分からないです。私には。

その辺の話をすると、非常に世知辛くなります。いろいろ哲学もあるみたいなので、

ちょっと今日は昔の話を主にして、今のことを軽く振り返ると、そんなスタンスでやりたいと思います。さて、昔の話です。

・スライド 11「初期の 3D ディスプレーその 1」

そもそも 3D というのはいつ頃から考えられているのかなんですが。

まあ、私も確証を持ってこのことを言えるわけではないのですが、多くの人が言っていることは、最初に立体視という概念を考えたのは、Wheatstone(ホイートストーン)という人で、1838 年にステレオスコープという概念を論文発表したと言われています。

このスライドの中の左側の図は、実際に論文の中にある図です。

この図を見てパッと分かる人は結構なんですが、この内容をちょっと分かりやすくカラーで書いたものが右のポンチ絵みたいなものです。

右側の絵を見ていただければ分かると思うのですが、青い部分に画像を貼っておきまして、こちらの左側の赤いところにも画像を貼ります。右目用の画像と左目用の画像というのが、それぞれ鏡を通して反射して目に届くという仕掛けです。

右目用の画像は右目にしか来なくて、左目用の画像は左目にしか来ない。これによって、右目と左目に別々の画像を置くことによって、両眼視差を実現する。

さらに、この図ではあまり分かりませんが、うまい具合に輻輳というのも実現されるような形になっています。その辺の話は図ではちょっと分かりませんが。そんなようなことかなとイメージしてください。これが世界初の 3D ディスプレーとされています。

ちなみに、1838 年という年は、まだ銀板写真ができていなかった年だそうで、ホイートストーンさん自身は、こういう概念を実証するために装置を作って立体視を行ったそうなんですが、そのときには、なにか線画を書いて実際に立体的に見えるということ確認したと言われています。

・スライド 12「初期の 3D ディスプレーその 2」

そして、それから 70 年ぐらい経ってから、出てきたのがこちらの話です。

これはですね、アメリカ人の発明家の Ives(アイブス)さんという方がいらっしゃって、その人が 1903 年に特許を申請して、取得した。その時の様子を記したものです。特許の内容として、最初に左側の図にあるような図面が付けられているわけです。

この図面を見て、何かっていうことが分かる人はなかなかいないと思うんですが、特許の中身をよく読んでみますと、文書がうじゃうじゃ書いてありまして、その文書に書いてあることを少し、現代流の絵に直したのが、右側の図です。

こちらの図の方は皆さんどこかで見たことがある人もあると思うんですが。

現代の言葉で言うところの、視差バリア法、パララックス・バリア法と言われるものと全く一緒です。左側の図と右側の図がなぜこんなに違うかというと、アイブスさん自身はこの視差バリア法を作るにあたって、そこで見えるような画像をどうやって写真として撮影すればいいかということも、装置として、一応特許を申請していたみたいです。

現代的には、たぶんこの図に書いてある装置の方は、ほとんど意味がなくて、重要なのはこちらの視差バリア法の部分だけです。

右側の図を見ると分かると思いますが、赤い部分……こちらの赤と青がずっと並んでいるところに画像を置いておくんですけども、赤の部分というのは必ず左側の目に届くようになっていて、それから青の部分というのは、必ず右側の目に届くようになっています。

それはなぜかという、目と画像との間にちょっとバリアがあって、スリットというふうにここには書

いてありますが、それが邪魔をしていて赤の部分は左側の目にしか届かないようになっている。
青の部分も右側の目にしか届かないようになっています。そんなような状況になっています。
こうしておく、右目で見る画像と左目で見る画像を異なるものにすることができる。
ステレオ視ができる、立体視ができるとそんなような話です。

・スライド 13「初期の 3D ディスプレイ その 3」

最後にご紹介するのが、1908 年、G. Lippmann (リップマン) という方。この方は、ノーベル物理学賞をお取りになった方で、この話とは全然別の話で、ノーベル物理学賞をお取りになっている方ですけれども。その人が、1908 年に論文を書きまして、そこの中で、この左側の図にあるような、こうなんかクモミたいなふにやふにやとしたものを書きました。これが、インテグラル・フォトグラフィーという概念を最初に提唱したものだというふうに今言われています。

このクモミたいなものを見て何をいっているのかピーンとくる方は、この業界の人だけだと思いますが、そのクモミたいものをわかりやすく絵にしたのが右側の話になります。

右側の絵は何をいっているのかというと、先ほどと同じですけれども、今度は画像の前に、半円球型のレンズが並んでいまして、このレンズの働きによって、青い部分が必ず右目に、赤い部分が必ず左目に来るように設計されている。

このレンズを画像の前に置くという考え方は、いろいろな名前でも今現在知られていて、もちろん、インテグラル・フォトグラフィーという言葉でも知られていますし、インテグラル・イメージングという言葉でも知られていて、それから別な話としては、レンチキュラーレンズ、レンチキュラーイメージングとかそういった言葉でもいろいろ知られています。

リップマンさん自身が最初にしようとしたのは、この人は立体ディスプレイを作ろうとしたのではなくて、写真技術の延長として・・・。写真というのはなんか 1 枚ポーンと撮ると、2 次元の画像しか撮らないんですけれども、実は、レンズに入ってくる光というのはいろんな方向からやってくるわけで、そのいろんな方向からやってくる光すべてを記録するにはどうすればいいかというのを考えた。それがインテグラル・フォトグラフィーということの最初の概念の発端になっています。方向によって、いろいろ違う画像をどうやって記録することを考えて、それが後日、後年それがディスプレイ技術の方に活かされて、いろんな形で現在も、見ることもできるようになっています。

ざっとホイットストーンさんの話、アイブスさんの話、リップマンさんの話、3 つ見てきましたけれども、今現在主流になっている二眼式の立体ディスプレイの技術というのは、だいたいこの辺に起源があるように思います。

すみません。一つだけ忘れていました。メガネを掛けて見るという方式がありますね。

あのメガネ方式、いつごろ発明されたのか。

ちょっと細かいことは私も知らないんですが、ものの本によりますと、1853 年と言いますから、リップマンの発明とホイットストーンさんの発明の真ん中ぐらいですけれども、その時にドイツ人の Wilhelm Rollman (ウィルヘルム ロールマン) という方がアナグリフという方式を最初に提唱したというふうに言われています。

ちょっと原著に当たることはできなかったのですが、ここではご紹介はできないんですけれども、だいたい、それくらいの時期に、メガネをかけて立体視をすることも考えられ、メガネがなくて見えるこのインテグラル・イメージングとか、あるいはパララックス・バリア法であるとか、そういったものがだいたい確立してきたのが 20 世紀の頭まで、今から 100 年前です。

もちろん、この頃で技術が完成したわけではなく、その後、いろいろと改良を重ねて少しずつよくなって、現在、こういったものがいろいろなところで見ることができるようになっている。そんなふうな状況です。

・スライド14「現在の3Dディスプレイ」

現在、3Dディスプレイと呼ばれているものが、どんなものがあるかを分類してみたのがこちらのスライドです。

大きく分けて、メガネ式の3Dディスプレイ。それから裸眼式の3Dディスプレイがあります。

メガネ式はメガネを掛けて見るもので、裸眼式というのは、メガネがなくて見られる、そういうものです。メガネを掛けると言っても、メガネにもいろいろ種類があるそうで、色のついたメガネとか、それから偏光フィルムというのが貼ってあるメガネとか、あと高級なものだと電子シャッターが入っているメガネとか、今だといろいろあるようです。

それらに加えて、表示装置の方式を書き出すと、少なくとも6パターンぐらいあるみたいです。なんか非常に複雑な状況ということになっています。

これら1つ1つについてちょっと取り上げる時間はないので、代表的な3つについて、後でご説明します。

それから、裸眼式というものに関して言うと、だいたい今、製品化されているのが、二眼式とか、あるいは4眼から8、9眼ぐらいの多眼式と呼ばれているもので、その他に、研究開発中のものとして、インテグラル…すみません。えっと空間像方式…インテグラルフォトグラフィーより、インテグラル・イメージングに直したほうが良さそうですが、そういった方式とか、体積表示方式、ホログラム方式、いろいろあります。

・スライド15「メガネ式3Dディスプレイその1」

まず、メガネ式の3Dディスプレイに関して簡単にご説明します。

まず1つがアナグリフと言われている方式で、これは端的に言うと色つきのメガネを使って画像を見て、それが立体的だなあというふうに感じる、そういうものです。

原理としては左目用の画像と、右目用の画像を用意しておいて、その中から特定の色成分だけを抜き出して、それを合成して1枚の画像にし、合成したものを色つきのメガネで見る。色つきのメガネで見ると、この一枚の画像が左目には、左目画像と書いてあるようなもののように見え、右目には右目画像と書いてあるもののように見える。ちょっとウソが入っていますね。赤と青で今見ているわけですから、左にはだいたい赤い絵が見えて、右目には青い絵が見えるはずです。なので、ここに書いてある左目画像と右目画像とはちょっと違うのですが、それを合わせて見ると、なんか赤っぽいところが全部飛んで、青っぽいところも全部飛んで、何となく、立体的なもの、元のものが立体的に見える様な感じのようなものに見えるという、素晴らしいマジックみたいな話です。

体験されたことがない方は、いらっしゃらないと思いますが。

この間、私、娘がいるので、幼児用の本のコーナーに行ってみると、「トイ・ストーリー3」というのがあって、ここに「すごいぞ3Dブック」と書いてありますが、680円で売っていました。680円はもういいのですが、このメガネを手に入れることができます。

このメガネを手に入れることができると、インターネットなんかでよく、アナグリフ方式の画像がいっぱい載ってるサイトなどがありますから、そういったところをこれで楽しんで、立体的に見えるなあ

いうことを遊ぶことができます。680 円ですね。いい線だと思います。

・スライド 16「メガネ式 3D ディスプレイその 2」

次に、偏光メガネを使った方式です。これもまた各種いろいろな方式があります。

全部いろいろと網羅して説明することにあんまり意味もあるとも思いませんので、代表的な 1 個だけ取り上げるんですけども、こちらの絵、原理としては、先ほどのアナグリフと同じです。左目用の画像と右目用の画像から、先ほどは特定の色成分だけを抜き出しましたが、今回は、偏光成分。偏光というのは、光の状態のことをいいます。色でもなくて、強度でもなくて、それではない別の話を言っているんですが、詳しい説明はやめます。

その部分だけを抜き出して、重ね合わせて一枚の画像にする。それを逆に偏光フィルターを通して見ると、立体的に見える。それが偏光メガネを使った 3D ディスプレイ。

先ほどの話と違って、アナグリフと違って、色という情報をもう少しキレイに再現することができる。これが偏光メガネを使った時の特徴になっています。そう言い切っちゃっていいのかな…。はい。アナグリフでもキレイに色を出す方式というのもあるので、何とも言えませんが。まあ大体そんなふうに理解しておけばよいと思います。

・スライド 17「メガネ式 3D ディスプレイその 3」

最後に、時分割表示装置プラス、シャッターメガネ。なんか難しそうなことが書いてありますが、メガネの方と、それからディスプレイの方とで同期をとって、メガネの方では左目だけが見えている状態、右目だけが見えている状態、そういうのを交互に作り出して、それに合わせて、画面の方でも左目用の画像を表示し、右目用の画像を表示し、左目用の画像を表示し、それをずっと繰り返す。そういうことによって左目と右目に別々の画像を送りこむ。こんなのが、メガネ式の 3D ディスプレイ、シャッターメガネと時分割表示装置。そういう組合せになります。

・スライド 18「メガネは邪魔？」

さて、メガネ式。現在、主流です。

3D テレビを買おうと思うと、メガネ式の 3D ディスプレイしか今売っていません。

最近の新聞報道ですと、東芝さんが、裸眼式のテレビを売るんだとか言っていましたが、今売られているのは一応メガネ式だけです。

このメガネ式というのは、イヤだという人が多いみたいで、いや、多いかどうかわからないんですが、まあイヤという人も少なからずいるようで、3D テレビを購入したいと思わない人の理由のナンバーワン。

「専用メガネをかけるのが面倒」とか、それから「3D 映画がイヤだ、なぜか、メガネをかけることの違和感、不快感」。とかそんなことを言う人たちがいます。

せっかくもう 1903 年にアイブスさんが裸眼式の方式を考え、リップマンさんが 1908 年に別の方式を考え、メガネがなくなつてできるっていつてるんだから、そっちをやればいいんじゃないか、とそんな話になりますよね。

メガネが邪魔というんだったらメガネなしでやろう、というので出てきたのが次の裸眼式です。

・スライド 19「裸眼式 3D ディスプレイ」

結論をあんまり急ぐわけじゃありませんが、メガネは多分邪魔なんですけれど、これも悪くない選択肢

だ、というのが現状です。

もちろんメガネが単に邪魔なだけであつたら、家電メーカーはこんなの作りません。それなりに理由があつて、今、メガネ式のものを一生懸命売って、なんとか市場を盛り上げようとしているそんな状況だと思います。

さて、メガネが邪魔なんだから裸眼式でいこうということですが、裸眼式の話ですけれども。実は思ったほど簡単ではないということを今から言います。

現在、裸眼式といった時に、これもいろんな方式があります。

二眼式のもの、多眼式のもの、インテグラル・イメージング法といっぱいいろいろありますが。市場に出ているものは主に、視差バリア法と呼ばれている方式と、レンチキュラーレンズと呼ばれるものを使う方式です。

・スライド 20「裸眼式 3Dディスプレイ」

次のスライドは、皆さんにお配りした資料には入っていないんですけれども、後日、当研究所のホームページにこういったスライドは全部載せるかたちになっていますので、必要な方は参照してください。右側に書いてあるのが、レンチキュラーレンズというものです。

カマボコ型のレンズがずらーっと並んでいます。左側に書いてあるのが視差バリアというものです。ガラスの前に黒いスリットがいっぱい並んでいる。この黒のスリットの部分は、実際に印刷をして作るということではなく、たいてい液晶かなんかを使って光をそこで遮ったりするということを普通はやるみたいです。

さて、こういったものを使って左目の映像と右目の映像を分離しようというのが、視差バリア方式、レンチキュラーレンズ方式です。

で、今からですね、両方の違いはちょっと無視して……両方一応ひっくるめて、1つのものとして、「裸眼式 3D ディスプレイ、ちょっと面倒な話がありますよ」ということを言います。違いはあるんですが、今から言う欠点を論じるときには、それほど大きな違いにはなりません。

・スライド 21「裸眼式 3Dディスプレイ問題点」

さて、欠点は何かというと、目の位置が固定される。ちゃんと立体的に見えるように、奥行き感があるように見えるようにするためには、目をちゃんとした位置に置いておかないと見えない。

これが裸眼式の 3D、視差バリア方式であるとかレンチキュラーレンズ方式であるとかの基本的な問題です。何をいつているのかというと、左側の図は、正しい位置に目を置いた時の状態です。

ええっと。赤い部分ですね、左目用の画像というのがちゃんと左目に入ってきて、それから青い部分、右目用の画像というのが右目に入ってくる。それが正しい位置です。

正しい位置から少し、例えば左に目の位置をずらしてみますと、あら不思議って話なんですけれども、青の部分、右目用の画像が書いてある部分がちょうどスリットをすり抜けて左目に入ってくる。あるいは赤の部分ですね、右目用の画像となっているところが、ちょうどスリットをすり抜けて、右目に入ってくる。そんなような話になります。

本来、左目に入るべき画像が右目に入ったり、右目に入るべき画像が左目に入ってくる、そういう現象。こういうのを逆視というふうに呼んでいます。逆視は一度経験すると、ちょっととてもじゃないんですが、見られたもんじゃないとわかります。逆視を世界で最初に体験した人は、ホイートストーンさん。

1838年に立体視のディスプレイを作った人ですが、その人は先駆者なだけあって、逆視も経験されたそうです。

これは非常に不愉快な状況なので、できるだけこういったこと、避けなくてはいけない。

じゃあ、正しい位置というところから顔を動かしちゃいけないのか？おっしゃるとおりで動かしちゃいけません。動かすと変なふうに見えます。動かしちゃいけないというのは非常に不便なので、動かしてもいいようにしようというのが、次に皆が考えることです。

どうやったら顔を動かしても逆視が起こらないようにするか。ということで、いろいろ考えられていますが、主な話は2つです。1つがヘッドトラッキングという技術を使うこと。もう1つは、二眼式ではなくて、多眼式にするという、そういう話です。

・スライド22「裸眼式3Dディスプレイ解決策その1」

ヘッドトラッキングというのは何かというと、カメラを使って人間の顔を観察します。目の位置がどこにあるかを、検出します。目の位置をどこにあるか検出した後に、この位置がまずいとなったら、その時点で左目用の画像と、右目用の画像をバサッと入れ替える。という方式や、あるいはここには書いてありませんが、目の前にあるスリットですね、バリアですけれども、これはたいてい、液晶を使って作っているので、その位置をずらす。とか、そういった方式によって逆視を防ぐことができます。

この方式がうまく行くかどうかは、ひとえに、ヘッドトラッキングがうまくいくか、目の位置を正確に見極めることができるかということで、まあまあうまくいくそうです。

まあまあうまくいくというのが90%なのか、99%なのか私はよくわかりませんが、たぶん家電メーカーとかの立場からすると、99%でも、なかなか採用しにくい話じゃないかなあと思います。

かなりの確度を持って検出できないといけない話で、実験ではいいですが、なかなか採用は難しいと思います。

・スライド23「裸眼式3Dディスプレイ解決策その2」

もう1つ、逆視を防止するという方式で、もうちょっと別な方式。画像の数を増やす。

今までは、赤色の画像と青色の画像、左目用と右目用の画像を、それをいっしょにして1枚のディスプレイの上に表示していました。

そうではなく、左目用の画像よりも、ちょっと左に目を寄せた時に見える画像とか、右目の今の現在の位置よりちょっと右に顔を動かした時に見える画像というのを用意して、何種類かの画像を用意してそういうものを混ぜておく方式です。

こちらの右の絵ですと、先ほどは赤と青しかなかったんですが、今度は、赤と、青と、黄と、緑の4種類混ぜてあります。こういうのは4眼式になります。

ザッと言うと二眼式というのは目の位置が、今現在ある左目の位置、右目の位置2つの視点の位置だけに対応できるもので、四眼式は目の位置を4か所にもってきても大丈夫と、そういうふうな話。そんなようなものと見ることができます。

肝心の逆視が防げるのか、ということは、この絵にはどこにも書いていませんが、ザッと言うと、二眼式の場合に50%の確率で起こっていた逆視が、四眼式にすると25%に、八眼式にすると12.5%に減るというふうなことが知られています。細かい理由は説明しないですけども、対応する視点の数をたく

さんに増やせば増やすほど逆視の現象を防ぐことはできます。

ただし、もともと1枚のパネルを、例えば二眼式の場合だと赤い部分と青い部分の2つに分けて使うわけですが、四眼式だと4つに分けて使わなければいけません。八眼式だと8つに、16眼式だと16分の1にしなければいけない。解像度が減ります。

解像度の劣化というのが非常に大きな問題。

そしてもう1つ、ここでは全然説明していないのですが、多眼方式にするとモアレという現象が起きてきて、それを防ぐというのが非常に面倒くさい話になります。

多眼式になると、メリットはありますが、別の問題が出てくる。そんなような話になっています。これが多眼式の3Dディスプレイの現状です。

今言った話を聞いてみて、メガネ式がいいのか、裸眼式がいいのか。用途にもよると思いますが、少なくとも映画館みたいに、たくさんの人が、近くで見る人もいれば、遠くの方で見る人もいるという状況の中で、立体視をしなければならない場合には、裸眼式は、今現在の状態では向かないというふうに思います。なので、映画館では、皆しかたなくメガネを掛けているという状況です。

コンピュータのディスプレイのように、個人所有で、目の位置もそこそこ決まった場所で見ることができものであれば、多眼式も有効な方式かなという気がします。

テレビがどちらなのかは難しいところですね。テレビを1人で見るのか、家族で見るのか、見る位置がどうなのか。

あと、ごめんなさい。別な話がありました。

・スライド24「3Dは眼に悪い？」

寝転がって見ちゃダメ、こんな話があります。

これはいつの話かな…。2010年5月5日、産経新聞に「3Dテレビ視聴のルール、寝ころんで見ちゃダメ」というのが書いてあります。

別な話、毎日新聞は「映像酔いに注意して」とか。

日経トレンディネットというところで、若年層ですね…「視聴年齢は小学生以上、見過ぎには注意」。なんか最近3Dに関して、もちろん盛り上げようという記事もたくさんあるんですが、一方、「危ないよ」という記事もいろいろと出てきていて、こういうのがいろいろあります。真ん中の、この「寝転んで見ちゃダメ」というのは、何となくわかると思いますが。

本来、左目で見べき場所、右目で見べき場所が、寝転んで上下とかになると、全然違うように見えてしまうのでおかしくなるというのは、皆さんイメージとしてわかるかと思います。こういうのは大体二眼式の方式の根本的な問題だとみることができます。

・スライド25「安全な利用に向けてのガイドライン」

この業界では3Dコンソーシアムというのが作られていて、

そういったところが3Dディスプレイを使う時の安全ガイドラインというのを定めています。

ガイドラインはウジャウジャと…いや大切なことがいっぱい書いてあって、それぞれに遵守しないといけないことがあるのですが、まあ、その中のちょっと目についたところだけをご紹介しますと、例えば、一番下ですね、メーカー向けというところで。

メーカーはそういう3Dディスプレイみたいなものを作る時には、左右の目の映像が反対側に映り込ま

ないように注意して作らなければいけない。そういったことが書かれています。あるいは映画とかそういうコンテンツを作る人に対しては、極端な飛び出し映像を使うとか、使ってもいいけれども、使う頻度はこれくらいに、ある程度おさえなさいとか、そんなようなことが書いてあります。

あと、瞳の間隔ですね。これは輻輳の概念と似ている話なんですけれども、極端に遠方にあるものを見ようとする、瞳の間隔がぐっと開きます。人間の目は、平行以上に開くことはできないので、そういう深さは避けましょうということが書いてあります。

そして最後に、使う人たちに対しては、寝転がって見るとか、それから適正な距離を保って見ろとか、それから変なことが起こったら、サッサと利用するのをやめなさいとそんなようなことが書いてあります。

・スライド 26「視覚疲労の主な要因」

ガイドラインはいっぱいあるので、それぞれ1個ずつ守ればよいのですが、そもそも一体、何がこういうガイドラインの根底にあるのか。ということに関して見てみますと、よく言われているのが3つ。調節…焦点調節と、それから輻輳とが乖離するという話。

それから左目用と右目用の映像の非整合ですね。本来、左目に入るべきものが右目にきたりとか。あるいは、その間に同期がずれているとか。

そして、日常生活でみる3Dってというのは、緩やかにしか動かないですけれども、映画とかそういう世界だと極端に素早く動いたりする。そういうのはできるだけ避けましょうと、そんなような話があります。

最初の焦点調節と輻輳の乖離ということに関して、ちょっとだけご説明をします。

こちらにその絵を書いています。左目用の画像と、右目用の画像の交わっているところ辺りで、モノが飛び出して見える。そんな状況を示しています。

飛び出して見えるので、目がここをぐっとみて、輻輳…寄り目って状況を作って、この辺に物があるなあということを感じます。

一方、映像のほうは、スクリーンの上にしかないんで、焦点調節は基本的にスクリーンまでの距離でしか行うことができません。なので、スクリーンの位置とそれから飛び出してくるところが違っていて、それによって、輻輳によって知覚される奥行き感と、それから焦点調節によって知覚される奥行き感が異なってくところが、人間にとって不快感につながる、・・・視覚疲労につながる。そういうふうになっているのが、焦点調節と、それから輻輳の乖離という現象です。

これを回避したい、どうすればいいか。ということですが、
輻輳でここに見えるのはどうにもしようがないので、焦点調節でこの辺に焦点が合うのを避けて、手前で合うようにすればいい。それって、大変なのですが、そういう試みが一応いろんなところでされています。

・スライド 27「より自然な立体視に向けて」

こちらに示している表は、機械システム振興協会というところが出したレポートの中にある表を引用させていただきました。

いろいろな方式があつて。二眼式、多眼式…すみません。これ全部、裸眼式の話ですね。

まあ、二眼式については、メガネ式と基本的に同じだと考えていただいて結構です。

二眼式、多眼式、それから体積表示方式、空間像方式、ホログラム方式、いろんな方式ですね。その中で、調節と輻輳の不一致の解決ができるのは、ずっと下のほうのホログラム方式と、それから空間像方式と、その辺まで、ごめんなさい。体積表示方式もいいですか。その3つぐらいしかできませんと書かれています。

あと別の話ですが、運動視差っていうのをちゃんと実現できるのは、ホログラム方式とか、空間像方式とかいったものでしかないですよと書かれています。

そして、右側のほうにいっぱい数字が並んでいます。4.1M とか、439M とかなんかいろいろ書いてありますが、これは、数字が大きければ大きいほど実現をするのが難しい、そういったことを大体表しています。

なので、多分ホログラム方式というのは難しい方式で、もうちょっと難しいのが、一つ手前の難しさがあるのが空間像方式です。

この辺の方式になると、焦点調節と輻輳との間の乖離をおさえることができる。

おさえることができるということは、先ほどの安全性のガイドラインとはまた違ったガイドラインがこういうものに対しては必要となってくるという話になります。

・スライド 28 「様々なアイディアの模索—その 1」

さて、30 分になりました。

こちらのスライドは、ざっと 30 秒だけ説明します。

現在、先ほどから説明しているメガネ式とか、二眼式とかそういったもの以外に、ある程度成功を収めている 3D ディスプレイの方式というのがあって、その 1 つが高速に回転する鏡に対してプロジェクターから光を投影するという方式です。こういうのをご覧になったことがある方は、ああ、なるほど、と思うと思います。こんな方式があります。

・スライド 29 「様々なアイディアの模索—その 2」

別な方式。プロジェクターをずらっと並べおいて、小型のプロジェクターをたくさん並べておいて、特殊な構造を持ったスクリーン。

今の場合だと、ここにはレンズを組み合わせたスクリーンと書いてありますが、このレンズを組み合わせたスクリーン以外にもいろんな方式があります。

特殊な構造を持ったスクリーンを置いといて、反対側でこのプロジェクターから発せされる光を見る。そんなやり方もあります。

皆さん、情報通信研究機構をご存じでしょうか、NICT。そういったところだとかこういうプロジェクターのアレイを作っていて、実際にデモを見ることが出来ます。ご存じない方、見てください。

・スライド 30 「3Dの将来は？」

最後のスライドです。

今後の 3D、どうなるか。こういうことを考える上での 1 つの手がかりとなるものとして、経済産業省が 2009 年の 4 月 30 日に「技術戦略マップ 2009」というのを書きました。あの、4 月 30 日に書いたという

ことは、それよりも1年ぐらい前とか、半年ぐらい前には書き上がっていたのではないかと思います、大体その時点での予測というのがいろいろ書かれています。ちょっと読み上げますね。

2009年、3Dデジタルシネマが映画館で上映。まあ、そうですね。

それから、先進技術としてホログラムで空中に3D立体イメージが表示できる技術が開発。まあ嘘ではないと思います。

2010年、裸眼で全周型カラー立体動画が鑑賞できる…

そうだと思います。

2015年に書いてあること。小型の裸眼全周型カラー立体動画装置が開発され、もうこういうのはありますから、裸眼全周型とは何を意味するかというところの定義にもよりますが、まあそんな不可能な話ではないと思います。

問題は、2020年とか、2025年に書かれている予想です。

2020年の予想を見てみますと、白色光反射型ホログラムを使ったフルカラーの3D映像が一般に普及。精度が上がり、実物と見分けがつかない、楽しみです、そんな時代がくるの。えっと、あの…私、別に皮肉を言うつもりはないですが、まあそういう時代が本当に来て欲しいと思います。切に願います。

2025年には、立体テレビというのが商用化されて、ごめんなさい。立体テレビの中でも、インテグラル立体テレビというふうに書いてあります。ここの、インテグラルというのはリップマンさんが考えたインテグラル・フォトグラフィーをもう少し発展させた形の立体テレビそんなものなんですけれども。

裸眼で立体映像が楽しめて、この場合の裸眼で立体映像が楽しめるということの意味は、長時間見ても疲れない、メガネなしで、どこから見てもきれいに見える、そういうような立体テレビが2025年には作られて、皆さんも家庭で楽しめるようになるでしょう。いや、そうなってほしいですね。なるために日本が国力をあげて頑張りましょうというのが経済産業省の「技術戦略マップ」です。

こういう世界がやってくることを切に願ひまして。今日は簡単どころしかやりませんでしたけれども、3Dディスプレイの簡単なお紹介をさせていただきました。

どうもご清聴ありがとうございます。

(拍手)