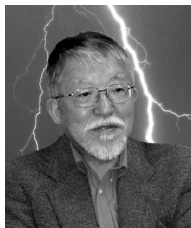


特集 ■ 第 18 回大会

特別講演 2

雷に魅せられて



河崎善一郎

大阪大学名誉教授

Kawasaki Zenichiro

(固定されたマイクを外して) マイクは離さないというのが私のモットーでして、ここに置いてというのは中々やりにくいもんですから、無理矢理剥がしました。ご紹介いただきました河崎と言います。

この9月からですね、Hitachi Critical Facilities Protectionという現地法人の会社、シンガポールに勤務しています。勤務と申しあげても大学の時と何も変わらずに座って好きなことやってお金を頂いてるだけなんです。笑っちゃいかんですね。こういう時に宣伝しとかないかと思ひまして。

昨日の便で出発して朝9時に関西空港の方に着きまして、ほとんど寝ていません。もし倒れたら心臓マッサージでも人工呼吸でもしてもらわなあかんかもしれません。

長々と前フリをする前に用意したビデオがありまして、自己宣伝をかねて見てもらうことにします。私の人となり、やってきたことを少しは分かって頂けるかなあと思ひながら、この間に会場に知った顔がいなかあと思ひながら探す時間にもさせて頂きたいと思ひます。

(自己紹介ビデオを流す。) しつこいですがもう少しおつきあい下さい。(若い時の姿が映る) これ15年前の私です。若いです。

このときTBSの方とオーストラリアのダーウィンで1ヶ月共同生活しました。今日はスーツ着てますが、普段はランニングシャツ姿がユニフォームです。

あの、少ししつこいで、やめましょうか。ビデオを止めるようお願いいたします。ということで、本題に入ります。

僕、VR学会からお話してもらえませんかとお声を掛けて頂いて、大体そういう学会があるのも存じ上げなくてですね、どんな話をしたらいいのかなと考えてですね。逆に3,4年前にやはり物理学会から話してもらえませ

かと誘われた時はめちゃくちゃ嬉しかったんですけど、あ、もう少し前、5年前かな。

今回嬉しくないという訳でなくてですね、悩みました。というのもですね、先ほど講演された遠藤さんのゲームのお話も全然分からないんですね。ですから、皆さんのためになるかは別としまして、やってきたことをお話ししたいと思います。少しは科学的なお話もします。

まずは雷は気象のひとつの要素です。ですから雨冠の漢字を並べてみますが(図1)、雨、そのものですね。

雲、これの成り立ちの話はくどくどとはしませんが、その次に雪。実はこの雪というのはですね、しないと言ひながらしますが、このヨが問題です。何を変形したらこの雪になるかということですが、上手く出来るか分かりませんが、ボディランゲージでやります。

ほうき、掃く箒です。ご存知ですね。ヨが箒の先の部分を表していてですね、中国の方は雨の現象だけれども箒で掃けるというところから作ったというお話です。

次、電。実はこのちょろっとしてるのが、雲の下から見える稲妻をもじったものらしいです。電気なんてそんな昔になかった訳ですから、雷から知ったわけです。この雷。じつはこの田んぼは荷車からもじったものらしいです。

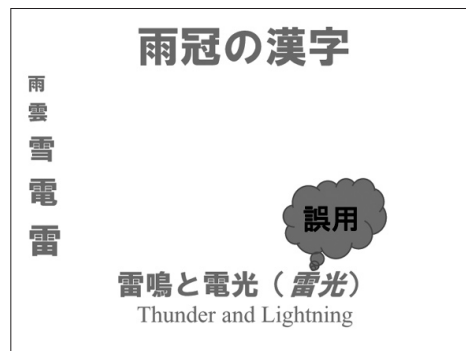


図1 雨冠の漢字

テレビの取材でベネズエラに行ったんですが、行ったきっかけが非常に面白いんですね。テレビ局の方が来られてベネズエラに不思議な光があると、新発見らしいと、ビデオを持ってこられて、何か見て欲しいと言われてたので見せてもらいました。当時のドクターコースの 학생さんと一緒に見たんですが、どうみても雷、放電そのものでした。

これ雷でっせと言っても、いやそう言わずにと言われるんですが、嘘は学者のコンプライアンスとして吐けませんと言ったら残念そうに帰っていかれました。

でも、二日後に電話がかかってきまして、さらに上の方と一緒にもう一度来ると、でも、意見は変わりませんよと言うんですけど、既に正月の3日の夜の7時半から8時40分までの特番で番組を組んだと言われて、でもそんなもののお宅の都合で嘘は吐けないし、それやったら一緒に観測に行きましょうと言ったんですね。結局雷だったんですけど。

実はこの話、とんでもない勘違いから始まっていたんですね。テレビ局の方が現地でピカピカ光るのを見てあれは雷か？と現地の人に日本語で聞いたらしいんですね。それをそのまま通訳がサンダーか？と伝えたんです。そしたら、いや違うライトニングだと帰ってきました。そういった勘違いから起こった出来事なんですね。

雷鳴と雷光という風に日本語でも使い分けられますが、正しく使える方はあまりいません。でもこれで皆さん、これからは正しくお使いになれると思います。

で、前フリが長くなりましたが本題です。

「雷に魅せられて」という題でお話しさせていただきます。まず、なんで雷に魅せられたんだと、あ、売れない本が科学出版から出ていますのでお願いします。1500円です。これも自慢めいて言いますが、印税は全部東北のみちのくに寄付しています。たくさん貰うんだったら寄付しませんが、どのみち入らないならみちのくに寄付しよう、と。これ真面目な話ですよ、笑うところじゃないんです。

で、戻りますが、子供の頃の体験が大きいんだと思います。小学校の頃はわんぱくだったし、野山を走り回って虫を捕まえてですね。今はそういうのが厳しい時代かもしれませんが、おまけに鉄腕アトム世代です。アニメ世代やありません。少年っていう雑誌に載っていた動かない絵で楽しむような世代なんですね。

で、近所のお兄ちゃんが面白い遊びを教えてくださいました。自転車の発電機を使って、ランプを灯すんじゃ

なくて、そこからリード戦を引っ張ってきて小川にちゃぷっとつけるんですね。そうすると、ドジョウやらメダカやらが一網打尽とそういう遊びをしまして。

ここから先が天才の天才たるところで、自転車でカエルやメダカやドジョウがあんなに捕まるんだったら、家のコンセントでやったらどないなるやろうと。小学2年生です。ハサミでばちんと切って皮を剥いてちゃぷんとつけて、運が良かったんですね、あのとき死んでたら天才はここにいなかったんです、うまいことヒューズが飛んでくれて。という感じに電気の遊びは大好きでした。

もう一つあります。

大阪の貝塚の生まれなんですが、貝塚の隣に熊取という京都大学の原子炉なんかがあるとこです。そこで雷の研究をやった人がいるんですね。

雷の研究と言うと、ベンジャミン・フランクリンですが、ちなみに、ベンジャミン・フランクリンは私と同じ誕生日です。これ大事なところで、私が同じなのではなく、ベンジャミン・フランクリンが私と同じなんですね。で、1750年にベンジャミン・フランクリンの研究があったんですね。凧を上げて雲に電気が溜まっているのを証明したんですね。雲に電荷があれば、凧に誘導電荷が溜まって放電されるというまさに静電放電の実験です。

で、これと似たような実験をやった人が熊取にいますね。善兵衛ランドという小学生中学生用の学習施設にこの絵がありまして(図2)、同じように凧上げたんとちゃうんですね。この絵を書いたのが岩橋善兵衛という人でそこから善兵衛ランドと名付けられてるんですね。ちなみに脱線しますが、善兵衛さんは望遠鏡の製作で有名な方です。嬉しいのは、司馬遼太郎さんの『菜の花の沖』で高田屋嘉兵衛が岩橋善兵衛の作った望遠鏡で北海道に船で行くという一文もちゃんとあって、大変興奮して読みました。

これが1800年頃ですから、鎖国の時代にわずか50年

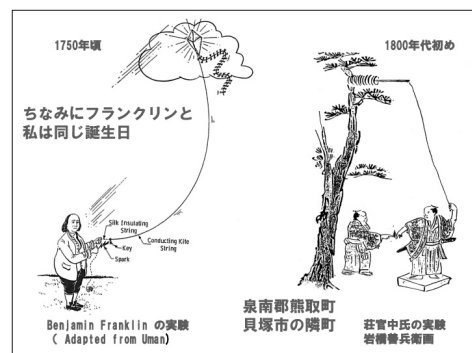


図2 庄官中氏の実験(岩橋善兵衛画)

で鎖国の時代にオランダを通じて入ってきて、多分それを見て実験されたんだと思います。

なんでこんな話を子供の自分が知っていたかと言うと、この話を祖母がするんですよ。雨降りの日であろうが天気の良い日であろうが、家で子供が遊ぶと邪魔になるからでしょうか、外行って遊びなさいと。大丈夫、隣の町の人は何百年も前にちゃんと実験してる、と。長靴掃いてゴム合羽つけて出たら大丈夫や、とよく放り出されました。そういうのも耳の奥に残っていたんだと思います。これが少年時代の体験です。

で、名古屋大学時代に所属した研究室の研究です。

名古屋大学で色々お世話になりました(図3)。大阪大学の卒業生ではありますが、名古屋大学学派って好きなんですよ。

格言であります、良いこと仰るでしょ、「世の中にはない装置を作って研究せよ」と。観測の重要性を認識せよ、というのが大事で、その為には世の中にはない装置を作って観測せよと。

日本人はすぐ誰それがやったからそれを真似して自分たちもしようとするんですね。だから、日本の科学というのは良い仕事をする割に二番煎じやと良い評価を受けない、と。

けれども、闇雲に作って言い訳じゃなくて、対象とする現象を頭の中である程度考えて、真剣に考えるんですね。どういう装置でどう計れば良いんだというのを考えなさいと隣の研究室の教授に教えられたんですね。現象をよく考えて、目的とする現象をとらえる為の最適な装置を作って観測するんだと熱く教えられました。良い指導者だったと思います。

もうひとつ、1人で解析して喜んではいけないと、相手を見つけて議論しなさいと、相手がおらんかったらそこら辺にいる猫でも捕まえてでも議論せよと教わりました。猫に聞いてもニャンとも言わんという。

1979年4月名古屋大学での経験から

- 「観測の重要性を認識せよ！」
- 「世の中に存在しない装置を設計、製作して観測せよ！」
- 「その設計は、目的とする現象を捉えるために最適なものであれ！」
- 「データ解析して、議論の相手がなければ猫とでも議論せよ！」

格言1:

理学者は工学者よりも工学的である！

図3 名古屋大学での経験から

実は私、学位を頂いたテーマと今のテーマというのは全然違うものです。道具としては電波というのをどちらも使っているんですが、方向は違う方向を向いています。そのきっかけになったのが、名古屋大学であります。

謎解きが面白いというのも動機のひとつであります。だから、謎解きをする機械を作ろうと。

89年の7月に大阪に戻ってきたんですが、全然別の研究室に戻ってきたんですね。で、やれと言われたのが、高電圧工学。これは幸いで、雷も高電圧工学のひとつですから、はいと言ってのめり込んでいくわけです。

それから、雷の研究をしながら、電力機器の絶縁診断というのをやりまして、これが縁で日立さんにお世話になるわけです。

格言の2つ目ですが、「気象は常に異常である」ということです。

気象の専門の方は、科研費をとる為に異常気象やなんやと言いますが、気象というのは異常なもんですから、異常気象というのは無意味やと僕は思います。

だから、審査で異常気象と書いてあるのがありましたら、それはもう落としてやってください。

謎解きが面白いと言いましたけど、大学の頃からずっと同じ雷の研究をしたらとるんですね。まだあと5年10年続くか分かりませんが、自然科学というのは息が長いんだと思います。

で、海外観測の話であります、海外観測に行くと申請すると科研費が取れるんですね。

一番最初は、学振で行きました。ノルウェーの小さな田舎町のセリエというところに2ヶ月行きました。これで僕はもう雷の研究をずっとやろうとインパクトを貰った研究生活です。

その次も学振でしたが、初めて自分の力で通った申請書やと思います。解放前の中国の陽坊に3ヶ月。非常に住みづらかったです。

で、一緒にやろうという研究者が日本人をこんな田舎に住ませる訳にはいかないから、北京にホテルを取ってそこから車で通えと言うんです。しかし、そんなもの一刻を争う雷の研究で間に合いませんということで、どこか近くに宿を探してくれと言ったら、当時の人民解放軍の幹部が泊まるホテルになりまして。これは良い経験になりました。社会学者を除けば、日本人で人民解放軍と2ヶ月3ヶ月暮らしたのは僕だけだと思います。

写真は映すなと言われながらも戦車の写真を撮りましたけど、全部取り上げられました。

その次がインドネシア。これも名古屋にいる時に書いた申請書が当たりまして、自分の研究ではなくて工学部の先生と一緒に行きました。

この頃からですかね、大阪大学で、電波の散乱や放射に関わる問題で学位を貰ったんですが、名古屋大学に10年間いる間に、自分の身に付けた知識で雷研究したらと考え始めました。雷というのは強電にあたると思うんですが、電波というのは弱電です。で、自分の技術を生かして強電の研究をしたら面白いだろうなど。雷を電波で明らかにしようと思ったのが、インドネシアに行く少し前くらいからですかね。そう思うようになりました。

その次はカナダのトロント。トロントのCNタワーは当時は世界で一番高かったんですかね。オンタリオ湖の隣に建っている五百何十メートルの所に雷が落ちるんですね。一晩で60回。

東京にスカイツリーが出来ましたけど、CNタワーの恵まれているのは隣に湖があるので雲が発生するんですね。

アメリカのフロリダに2年間行きました。ここでアメリカで同じような研究をやっている人たちを見て、私の目が覚めるというか覚醒というか負けず嫌いというか持ち上がって、こういう機械を作ろうと信念を持った訳であります。

先ほどの格言を仰られた隣の研究室の教授が、太陽を電波で受信するという電波干渉計というのを作っておられたんですが、それを今度は単発現象に使ってみよう。なおかつ、今でいうブロードバンド、広帯域で受信するというのを考えました。

普通電波を受信すると言うと、ある周波数にチューニングするのが多いです。けれども、強電に対して弱電を使って、おまけに受信するのにブロードバンドでやってみようと、デジタルが急速に発展していた時でありますのでデジタル使ってやったら面白いであろうと。

苦節20年、ひとつの機械を多くの皆さんと一緒に作り上げました。で、試作1号機が出来まして、最初に使ったのが95年のオーストラリアのダーウィン。その時にテレビ局の方が取材に来てくれて1ヶ月共同生活した訳です。

あとブラジルにも行きました。本当にいろんな所に行きましたね、こういう新しい機械を作ると一緒にやろうと声が掛かってくるんですね。

シンガポールですが、これは日立さんに呼ばれてやっているのが今なわけです(図4)。

私がなぜ雷に魅せられたかというのは、少年時代の記憶、大学時代の教え、謎解きの楽しさ、海外観測の4つの原因がありました(図5)。

雷放電の観測的研究(主として海外)

1983/11 ノルウェー・セリエ
 1987/07 中国・陽坊、蘭州(1990年代後半まで)
 1989/01 インドネシア・ブンチャ(1997年まで)
 1989/06 カナダ・トロントCNタワー(数年間)
 1991/07 アメリカ・フロリダ(2年間)
 1995/11 臺州・ダーウィン(2010年頃迄)
 2004/02 ブラジル・バルー
 2010 シンガポール(現在に至る)
 韓国、ベネズエラ(21世紀になって)

格言2 気象は常に異常である

図4 雷放電の観測的研究(主として海外)

何故雷に魅せられたのか?

(四つの要因)

1. 少年期の体験
2. 所属した研究所と環境
3. 謎解きの面白さ
4. 海外観測

図5 何故雷に魅せられたのか?(四つの要因)

(NHKの取材を受けた時の紹介ビデオを流す)という事で、20年以上やってきた雷の研究の結果も少しお見せします。

私たちの分野はどういうもんかという、一番小さなところで見ると雷放電ということになります。もう少し広い枠で見ると大気電気学になります。

少しは科学のお話もしないと思いますので、最低これだけは記憶して帰って欲しいと思います。雲の中にどうやって電気が出来るか。

(スライドの図を見せながら)横軸が温度、縦軸が雲水量になります。雷雲の中にはあられが出来ています。もちろん雪も出来てます。雪とあられの衝突です。摩擦電気ではありません。

(次の図を見せながら)もうひとつ大事なのは、ぶつぶつがいっぱい書いてありますが、0度以下の水が存在して、あられが落ちてきていて、雪が上がってきています。ぶつかった瞬間に近くの水も引っ着きますんで、あられがマイナスになるんですね。で、雪が結果としてプラスになります。

(左の図に誘導して) それを確かめられたのが左の図です。ハッチングつけてあるところがマイナスになるところです。で、-10 度から -15 度くらいのところであられと雪がぶつくと、ちゃんと電荷分離が起こるという仕組みになっています。

雷というのは圧倒的にマイナスが多いんですね。というのも、1 立方メートルあたりにある電荷の量の桁が違います。温度が限られたところでしか起きないので、狭い範囲に集中するんですね。マイナスは、1 立方メートルあたり 1 ナノクーロンの電荷です。少ないかと思われかもしれませんが、雲というのは大きいので、仮に 1 辺 2km の立方体だとすると 8 クーロンになるわけです。プラスは桁がひとつ少なくなって、0. 数ナノクーロンです。

これを電波で見ようということで、私たちは VHF というテレビ周波数帯の電波に注目しました。少なくとも 3 つのアンテナで受信しまして、周波数帯は 100MHz 近くまで受けるとしましたらサンプリングは 200MHz で行います。

実は雷が落ちた後に、大電流が雲の方に流れていくわけなんです。我々が帰還雷撃と呼んでいるものです。それは大体 1 雷撃でひとつの信号で、落ちる際には 1 雷撃で数千の信号があります。よくよく見て頂きますと、上の方に電荷が発生して、それから下の方向に進んで、戻って、と何回も行ったり来たりしてるんですね。

双方向の放電進展仮説という仮説が昔に立てられていたんですが、信じられていなくてですね。それを僕が 1989 年に掘り起こしてきてまして最近では信じられるようになりました。それを証明したいがためにこの装置を作ったという話であります。

(雲放電の映像を見せる) これ (図 6) を見て頂きますと双方向に放電が行われているのがよくわかんと思います。僕は非常に興奮するんですが専門外の方はあまり感

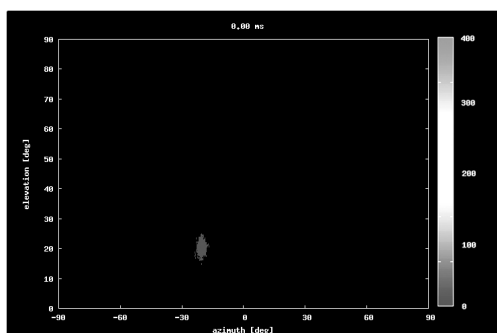


図 6 雷放電 * 口絵にカラー版掲載

動しないかもしれません。一晩でこれが 1 枚なんでバーチャルリアリティにするには程遠いかもしれませんね。

ということで、大放電の瞬間をなんとか捉えたいと。能動的な装置と受動的な装置で雷雲の様子を解明したいというのがなんとか間に合いまして本当に嬉しい次第です。最初はちゃらけましたが、後半は真面目な話をしまして、でも本当は僕は後半の方がめちゃくちゃおもしろいんです。

どうもご清聴ありがとうございました。

質問者: 研究内容は、しっかりバーチャルリアリティだと思います。でもやっぱり我々からすると立体的に見たいなあと思うんですがどうなのでしょう？

河崎: データは三次元にはなっていますが、表現がうまく出来ないんですよ。さっきお見せしたのも僕は三次元にしたいんですけど、皆満足してやってくれないんですね。

質問者: Thunder と Lightning で雷鳴と電光というお話があったんですけども、雷雲の中でパチパチと電荷が溜まっている時は音も鳴っているんですよ。そうだとすると、その音を観測することでも同じようにデータが取れるんじゃないかと思うんですがどうなのでしょう？

河崎: そうですね。音波で同じように三次元のデータを取っているグループもあるんですが、音波の場合だと時間分解度が悪いのであんまり面白くないですよ。

質問者: バーチャルリアリティという前にシミュレーションという言葉が先に来ると思うんですが、雷がいつ起こるかという予測は今の段階でどの程度研究は進んでいるのでしょうか？

河崎: 本音でいいですか？例えば 1km×1km×1km の気象モデルで光源というのは大きくても 1 メーター、小さいとミリメーターという範囲の出来事です。科研費を申請する時は嘘も吐きますが、そんなもんを予測出来るとは僕は思いません。

質問者: 雷の最大の魅力というのはなんなのでしょう？ やっぱりいつ起こるかも分からない雷に対して狙いをつけるというのは、非常に根気のいる研究だと思う

んですね。自分の観測したい時に出来るというものではないですよね？

河崎：だから、電波で受けたいんですよ。例えば半径50kmだとダーウィンなんかではどっかで雷が起きてるんですね。その場でしか使えないとなるとリモートセンシングにはならないですよ。梅田ではないけど、難波のあの辺では起きているといった風に観測できるわけです。よくどこで起こるかも分からないのに大変だねと言われるんですが、その点は意外と大丈夫なんです。

雷の魅力はさっき4つ申し上げましたけど、謎解きが楽しいんですね。いろんな謎がありますけど、僕は放電の謎を解明したいんです。

質問者：海外観測によく行かれていますし、科研費が取れるのは良いと思うんですけど、日本の雷じゃ駄目なんですか？

河崎：日本で雷観測しますと言っても科研を通りません。それに頻度が少ないんですね。大阪だと多くても年間15日か20日なんですね。ダーウィンに行きますと年間180日あるんです。

ちなみに放電に関してはどこの雷でも一緒です。

【略歴】

河崎善一郎 (KAWASAKI Zenichiro)

大阪大学名誉教授

1949年1月17日生まれ。1973年3月大阪大学工学部通信工学科卒業、1975年3月大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻修士課程修了、1978年3月大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻博士課程修了(工学博士)、1979年3月大阪大学工学部通信工学教室研究生修了。1979年4月名古屋大学助手空電研究所、1985年～1986年5月スウェーデン国ウプサラ大学気象研究所講師、1989年7月大阪大学工学部講師、1991年6月大阪大学工学部助教授、1997年4月名古屋大学太陽地球環境研究所客員助教授(～1999年3月)1998年4月大阪大学大学院工学研究科助教授、2000年12月大阪大学大学院工学研究科教授、2010年9月E-JUST電気、電子、計算機科学工学学類長 アドバイザー 教授、2013年4月大阪大学名誉教授、E-JUST戦略会議アドバイザー。1991年7月日本大気電気学会学術賞、1998年/2010年/2012年5月電気学会進歩賞、1998年5月レーザー学会進歩賞、2013年5月電気学会フェロー。