

## 米国ラボの駆け足視察

元 宇宙科学研究所 鶴田浩一郎、向井利典

### 【背景】 鶴田

いよいよジオテイル計画が動き始めた1984年の秋、私と向井さんは米国の著名な宇宙プラズマの実験室を訪ねて駆け足の旅行を試みることとなった。10日で5ヶ所の実験室を訪ねてプラズマ計測の技術的な議論をするというものであり、主役は向井さんである。

その少し前に西田先生と名古屋までご一緒したとき車中の会話で国際的にみて日本の宇宙プラズマの計測技術はどの辺にあるのだろうかということが話題に上った。その時の結論は向井さんのグループは技術的に高いものを持っているが、「自信」が必ずしも十分ではないのではないかということであった。

実力のあるグループが「自信」を付ける良い方法は外の世界も自分たちと似たり寄ったりであると知ることであろう。というわけで手始めに米国のプラズマラボを訪ねることになった。諸般の事情でわたくしも同行することになったが、皆多忙な時期で1か所に数日かける余裕は無く午後いっぱい一つのラボに当て、次の朝には次の目的地へ移動といった旅行だった。

### 【記録】 向井

上記のような事は或る程度推測していたが、西田先生と鶴田先生の間の話は初めて知りました。日程は以下のようにかなりハードだった。

1984年10月14日深夜 Iowa City 着 (Cedar Rapids に夜遅く着いて移動)

10/15~16 Iowa 大学 ; Lou Frank, Kent Ackerson, L. C. Lee

10/16 深夜 San Antonio 着

10/17 Southwest Research Institute (SwRI) ;

Jim Burch, Bill Gibson, David Winningham, C. S. Lin

10/18 朝 Los Alamos に移動。

10/18~19 LANL ;

David Young, S. J. Bame, Ted Fritz, Jack Gosling. Bill Feldman

10/20 Berkeley に移動。

10/22~23 UC Berkeley ; Forest Mozer, Bob Lin, Jim McFadden

10/24 Los Angeles に移動、Aerospace Corp. ; Koga, Fennell, Blake

10/25 Seattle 経由で帰国。

議論の最中はメモを取る余裕がなかったので、ホテルや移動中の飛行機の中でその日の出来事を思い出しながら書いたと記憶している。メモは1ヶ所あたり数ページ、もちろん手書きで全28ページ。ほとんどが粒子計測技術の細かい事で、センサのポンチ絵や議論のポイント、感想など。

各訪問地のサマリーページの抜粋を次ページ以降に添付するが、どんな状況だったか、お分かりいただけるでしょうか？

その前に、余談を3つほど。

- 1) 最初の訪問地アイオワ大学では、ほとんどの時間、Lou Frank がしゃべりっぱなし。最後に実験室や工作工場を見学、最上階の図書室のような所で Van Allen に紹介された。その時、かの横柄そうな Frank 教授が Van Allen の前では最敬礼していたのには驚いた。
- 2) SwRI では Hybrid IC を内作していた。回路方式が固まると、Hybrid 化するとの事。日本では難しいと思ったが、うらやましい限り。
- 3) Berkeley に着いた日は土曜日、翌日曜日もモーテルでぶらぶら。そこの主人曰く「あなた方はここに何しに来たのか？ UCLA とのフットボールゲームがまもなく始まるが、それを見に来たのではないのか？」 要するに、レンタカーがあったにもかかわらず、2 人とも出不精なのだろう。お蔭でそれまでの疲れが取れたように思う。

#### 【感想】 鶴田

短期間の訪問など意味がないと考える向きもあるかも知れないが、実際は非常に有効であることが分かった。理由は、半日から1日なら先方も真面目に付き合ってくれる。たとえ短期間でも共通の問題を抱えている場合十分な情報の交換が可能となる。ということで凝縮した議論の時間が持てるのである。

今から30年も前の話だから私も向井さんも十分に若かったはずだけど、この旅行は結構しんどかったと記憶している。驚いたことに夕食後「こんな感じでしたかね」とその日の議論のメモを向井さんから見せられた。昼間の議論の間、彼はメモなど取っていなかったからである。向井さんは囲碁の達人だとは知っていたが記憶力のほうも抜群なのか、あるいは昼間の議論が彼の問題意識にピタッと収まっていたからか。私は後者かなと思っている。

ジオテールプロジェクトで向井さんたちのプラズマ計測機の果たした役割は非常に大きいがここで紹介した駆け足旅行もその後のプラズマグループの発展に少しは役に立ったのではないかと思っている。

• Energy Range について少し discuss.

• HV, SV は Lee とは Ackerson とは 1/2 (design?)

例えは. SV は 400 mW.

2500V  $\rightarrow$  0V まで 300 msec.

(この discharge は active 1- $\frac{1}{2}$ )

後記  
考えればと驚かす。  
e.g. 170 msec  
2000  $\rightarrow$  0V  
700 mW (AVR)  
1.2 W (peak)  
for PLANET-A  
(MATRIX)

しかし、明確には  
どうですか?

• SA potential は  $\sim 150$ ?

LASL は  $\sim 500$  とさう。— resolution が悪い (Frank)

• Tsuruda さんの ion emitter は 1 箇所に集める。

• 10分 程. GEOTAIL の QSA の話をしする。(Muhm)

good idea とお世辞! (特に FOV の設定について.)

90° spherical にして批判 (たぶん) だったからやめた?

途中. PLANET-A センサを説明。— 1 箇所に集める。

又. EXOS-C の事は lunch の後. 立話

G-factor は? と質問  $1 \times 10^{-4}$   $\text{cm}^2 \text{sr} \text{eV} \text{e}^{-1} \text{s}^{-1}$  とさう。  
CEM は何か 4039 とさう。  
low-altitude だから、~~その~~ 方がいいのだとさう。  
我々のと同じだ  
とさう (Frank)

(印象) • business 1-~~2~~ 夢中?

• とにかく 8 hrs にわたって (セ ~~バ~~リ) っほっほし。

非常に energish!

• Ackerson, Lee は 1/2 程度以外 (Frank に 1/2) がおかし以外)  
無言。Ackerson さん 経験者 思はくせ?

• Frank は Geophysist というのが instrument 屋!

LASL とは 仲間が悪い。Burch とはよい?

自分の no competition とうらやましを!

しかし、お前も将来、competition の対象になるぞ!

とにかく、今日は、二"き"し"あった。

I hope so とさうと。  
彼も I hope so

①

・ machine shop は物産教室に付いて。

NC が全部で 4 台あり。

うち 1 台はかなり高級。

人前は 4~5 人

センサの fabrication はここでやる。

1 日半。(丸 1 日) full にき合って。

Frank は非常に友好的であつた。

~~センサ~~ Geotail ではお互いにデータを見せ合いたい  
という。

心残りは。

① Ackerson や Lee ともう少し話したかったか？  
Frank は始終しゃべりっぱなし。

② センサの EM/BM が見れなかった。

実験室を見わたった所ない(?)

従って、表面処理を始めた know-how について  
細かい話ができなかった。

但し、回路の設計思想はよくわかった。

first-round としては成果はあった。

今後、GEOTAIL では intercalibration 等も必要  
と思うが、焦ることはあるまい。

感じとしては、sensor の optics は Frank. & Ackerson  
electronics/HV は Lee が詳しい。

またまた、飛行機トラブルで真夜中に San Antonio に着く。

Sw Ri (Oct. 17)

午前

① SWRI の紹介があった。(Barton) 1947年設立. あと. 手廻り... ~~...~~ (E-field) & Tsuruda

② GEOTAIL の plasma instrumentation に 説明 9A (Mukai)

質向は FIMS に ついて 2-3.

- E-analyzer の 角度は? A. 150-160°
- M " " A. ~ 40°
- M-analyzer の focusing は? A. focusing はしない

逆に 拡がりを利用して. Mass discrimination  
このほうをたつた? Angular & Mass focusing の条件はあるはずか? (特定の mass を選ぶと)

いずれにしても. ray tracing を 早急に 終らせる必要がある!!

• 視野角の 70° は 自慢の程でない。

• 飛込の 60° は いいはず。

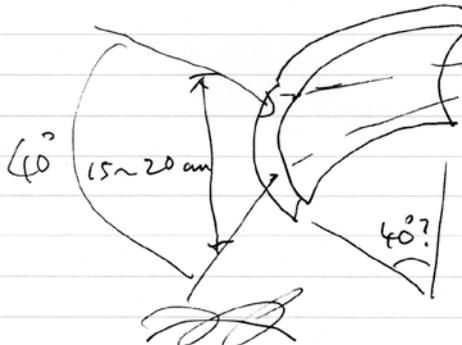
A. your paper では 30° とあるのか?

いや. あれは. first version.

後でわかった事だが 40°.  $G = 10^{-2} \text{ cm}^2 \text{ str}$

Lockheed と一筋にやっ. PPL と全く同じ 40° EML に. = Bern U. と共同.

2段加速  
Troidal Analyzer & E. analyzer



focusing を利用して. MCP 上に像を作る。

total weight 22 kg!  
(2つのセンサー)

• MCP の位置検出は? A. Wedge & Strip

• どうして lowest limit は 50 eV にしているか? low energy は重要!!

## SwRI まとめ.

- 270° センサはきろと論文にしておかないと、彼らも関心を持っていない!
- Analyzer の設計、製作技術に関しては、あまり学ぶべき事はなかった。むしろ、electronics の hybrid 化、軽量化の方を努力している感じ。
- Cal. Facility の室はクリーン。10-G ではないが、非常にきれい。
  - ・ 見せる為だけにきれいに片付けているのではないかと思う程。
  - or. 実際は動かしていない為か?
  - ・ Burch は中の細かさも詳しくないみたい。
- PE-1 のデータは EXOS-D の設計に関しても大いに suggestive!  
Low - Energy 区きろと観測が必要がある。

## 人柄に対する印象

Burch : 政治家.

instr. の know-how は詳しくない。

こちらの言動に気を取られているというか! 観察しているように、逆に気配られた。

観測器に対する設計思想は持っていない。むしろわざと話さなかった。

Winningham : 数年前に東京で見た印象がかなりふけて、技術的には昔の方が現役という感じだったから、"元職人" という所は残っている。

Burch に比べて、~~無邪気~~で陽気。

C. S. Lin : 好青年。英語が日本人向き。

① ここでも、再び、才一級の扱いを受け、かえって気配れする。

27 所の感じ : 現在の我々の instr. に対する設計・技術は彼らに遅れはない。  
たゞ実戦不足の為に、設計が行き届かない所がある。  
(Energy Range, Life time)

早急1=すべきこと.

- focusing condition の導出.  
different polar angle でのこと.
- ray-tracing をして. optimum deflection angle  
(sphere と MA の (関数) 両方)  
を見出す。—— MCP の位置 と 42° はめる。

このあたりは. どうも Ghisletti が一手に引受けやっていると。  
日本では誰がやるか?  
かなり有能な Master 学生が必要?

### LANL の印象.

Feldman, Young, Gosling, Fritzy

皆. 人間的には良い。親近感は今まで一番.

但し. 議論をしていると. すぐ Franke の批判に行く

の? まいっただ  
Gosling は計算が早い。—— 3電流の式を (~2 hrs?) でやる?

Young は. 全面的に滞在中の面倒を見てくれた。

非常にカンが良く. 頭の回転が早く. 優秀.

—— ISS の下半身英語を良く理解.

Instr. に使われる discussion では一番内容があった。

かなり突っ込んだ議論となり. instructive.

特に MA.

Frank の所 (Galileo) でセンサを見たかと聞かれた。—— 政治的には No.  
の方がよい。

But 確かに見れなかった。—— Franke は見せなかったのか?

or. 無かったのか?

- MCPを使うと, BGがなくなるので!  
Plastic Scintillator と anti-coincidence が必要

B.G. } 0.2 cps/cm<sup>2</sup> for channeltron ?  
2~3 " for MCP

EXOS-B / GEOTAIL での BG の rejection のために  
上記の検討するに何か必要かも知れない  
(shield と anti-coincidence とはどうか?) — weight がどうか?

- PLANET-A を説明.

MCP の life time : 10" from Timothy's exp.  
(Stanford Univ.)

Solaris av. 1: 中華/日本料理店多し。

Berkley の印象 : 皆、好意的に応対してくれた。

Carlson と会えなかったのが、Analyzer の詳細な議論  
が出来なかったが、EXOS-B / GEOTAIL で使うのは  
やはり難しいかも知れない。

- ① 1.5m のアームの先に付けるとすると、重量的には今の  
我々の物と大差なく存在。or more weight
- ② 1.5m のアームの先に付けると、熱設計も考慮しなくてはならない。  
radiation shield は anti-coincidence 2" 本等に完全に入れ  
かえられるか?
- ③ wire antenna が視野内に入るのはどうしようもない。

Carlson's analyzer はすばらしい idea だが、  
今までの中では、Frank がやはり一番しゃべっている、  
LANL では有益なコメントを一番もらった。

まとめ. (Los Angeles → Seattle で. 思い付き)

① Plasma 計測技術.

日本のレベルも. 今の相当の所まで来ている. と逆に自信と深めたのが 全体的印象. i.e., 設計・製作に対して考慮しなければいけない点については. 我々は間違いはない. たゞ. 具体的数値については教えられる所が多かった.

① CEM life time :  $\begin{cases} 10'' & \text{total counts} & \text{Frank, Lin} \\ 10'' & & \text{SWRI, LANL} \end{cases}$

② Energy Range の Coverage :  $10^4 \sim 50 \text{ keV}$

③ dry  $\text{N}_2$  or He 封じ, venting の穴は意外に小さい.

④ B.G. 対策

$1 \text{ count/cm}^2 \text{ sec} : 1 \text{ g/cm}^2$  の Shield で

⑤ Analyser 設計思想について 再検討

我々: wide gap with collimator and slits

彼ら: narrow gap with no collimator or exit slits

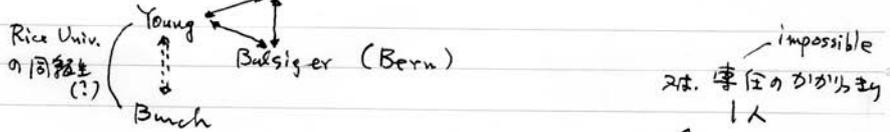
⑥ 出口スリット (CEM 入口の大きさと同じか. や大きい) には必ず mesh 付.

また. CEM にも 右の様に 必ず mesh 付

⑦ 表面処理・serration は 重要です. 特にどうという事はないのかは不明.

⑧ 回路 (含. HV) は 日本は遅れている.

⑨ Mass Spectrometer は Ghisletti が 設計を一手に引き受けている.



我々も独自にやるべきと. すると

- ① Ray-Tracing
  - ② Sensor Hardware
  - ③ MCP 処理回路
- } 少くとも 3人の staff が 必要. + a few students

⑩ 米国の ISTEP の状況は極めて 悲しい.

生きのびていくには. 1人だけではやれない. ) ← 予算. 何人 幾つかの Institute で 共同製作