

## 秋季大会シンポジウム “大循環の季節変動”

杉本 豊 菊池 幸雄

気象学会秋季大会（札幌）シンポジウムは1971年10月6日午後2時半より同5時まで、北海道自治会館において開催された。

今回のシンポジウムでは長期予報の精度向上を目標に、表題のテーマについて異なる分野の専門家から話題提供が行なわれた。シンポジウムではまず山崎氏（札幌管気象台）が主としてシノプテックな面より冬から夏に至る季節変化の過程について講演し、また新田氏（気象庁電計室）は季節変化に対する数値実験について、GFDL, UCLA, などで行なわれている仕事の概要を紹介し解説した。

最後に松野氏（東大）は大気大循環の季節変動の一つの側面として、成層圏の突然昇温という現象をとりあげ、突然昇温のメカニズムや対流圏と成層圏の相互作用などについての研究結果を報告した。

3人の話題提供にひきつづき質疑討論と全体を通じた討論も行なわれ有意義な意見が多々された。講演内容の概要は天気および、予稿集に印刷されているのでここでは討論の要点のみを記した。したがって発言者の真意が十分反映されていないおそれがあることをあらかじめ、おことわりして御了承をいただきたいと思う。

1) 冬から夏への季節変化の過程 話題提供 山崎道夫

杉本（札幌）：前半旬からの高度差の時間プロフィールが2つあったが、一つは高緯度から低緯度へ、他の一つは逆方向への高度場の伝播が見られたが、その違いは何か？

山崎：一つは緯度平均したものだし、他の一つは80°Eにおけるものだ。後のものには地形の影響もあるのではなからうか。実体は未だ明確になっていない。

北岡（気研）：地形に着目して詳細な調査を行なえばよいと思う。

樋口（名大）：最近北半球の寒冷化が問題となっているが、これは北氷洋の冷水を媒介として形成されると考えられるのか。又、海水温の実測値は存するのか。

山崎：明確な説明は未だされていないようだ。寒冷なトラフの維持にとって海水温の低下は必ずしも必要ではないと考える。

菊池（気研）：極うず中心の東西各半球への年毎の偏りに対して、一般場、その他との関連をどう考えるか

山崎：極うずの位置について、冬の状態を秋からは推測しやすいが、夏を冬からという場合には余りはっきりした考え方は無い。

松野（東大）：成層圏の最終昇温の時期の早晚が対流圏の春の（循環の）到来時期に関係があると言われてきたが、最近では一般にどのように考えられているか。

山崎：最近では最終昇温の時期は遅めの事が多く、程度も弱いようだ。両者の関係もやや不明瞭である。

吉野（法大）：予稿集第3, 4図のような関係は100mbでも見られるか。

山崎：下部成層圏も着目すべきだが、資料が入手できないので解らない。

杉本：吉野さんの所で、100mbの毎月のデータが15年分出来たそうだ。

広田（東大）：1967年以降の mid-winter warming の発達時期が、60年代前半の warming（1月末から2月）より1カ月位早まって、12月末頃になっている。これに関連していると思われる現象が対流圏で何か見られるか。

山崎：全国長期予報検討会などでも、特に報告は見あたらない。

杉本：オホーツク高気圧の形成を、寒れうずがベーリング海上に来た時の熱的効果で説明したが、どんなイメージを持たれば良いのか。

山崎：超長波的にみると、高緯度では冬から梅雨期にかけて谷が東進し、中緯度では太平洋高気圧の強化により谷は西進する。このため、梅雨期には日本付近の経度で高緯度尾根、中緯度谷と逆位相となる。この影響が大きいだろう。

杉本：梅雨期にベーリング海に寒冷なトラフが出来やすいが、その必然性は何か。

山崎：基本的には、海水温と東シベリアの間の温度差による熱的なものと考え。

2) 数値実験の立場より、話題提供者 新田尚

広田：UCLA の2層モデルで太陽の季節変動を入れ

なければ夏の平均状態を表現できない。又、栗原のモデルでは2月にショックを与えると影響が5~6カ月で消えた。ショックを秋に与えてみれば、夏、冬の平均状態が持つメカニズムを理解できないだろうか。これと UCLA モデルでの、冬・夏の状態への太陽の季節変動の役割と関連があるように思う。このことは冬の状態を夏から予測すると、夏の状態を前年秋から予測することの違いを意味するものと思われる。

新田：UCLA のモデルは海陸分布も realistic だが、海水温は1年間固定している。栗原の場合は全部海である。モデルの違いをふまえて、そのようなやり方は面白いと思う。現在の予報則として、冬から夏を予測するのはまとめやすいが、逆の場合はまとめにくい、という話を聞いた。

山崎：夏を予想する場合、前年晩秋頃に高相関のものが現れ、冬は悪くなるが春先から再び高相関のものが現れる。前年晩秋に夏に対するベース的なものが考えられるのかもしれない。冬を予想する場合には9~10月以降にならなければ高相関は見られない。

広田：概念的になるが、回転流体実験での、流体のヒステリシスという問題に対して最近の成果はどうなっているか。

松野（東大）：回転水槽の場合でも、波数3から4へのおときと4から3へ変わる場合の transition の回転数が違う。ヒステリシスがあることは明らかだ。現実大気の場合、過去の状態を記憶するのは大気自身でなく海洋であり相互作用を通してヒステリシスが現われると思われる。したがって回転水槽での実験事実と大気とのアナロジーがうまくいくかどうかは解らない。

土屋巖（気研）：数値実験では南北半球の違いをどの程度説明できているのか。

新田：今は global な扱い方になっており結果も南北半球で違いが見られる。その原因について要素ごとに調べていく方向に進むだろう。

菊池：栗原のモデルで海だけのものが南、陸だけのものが北と各半球に対応しているように思われる。

新田：但し栗原のモデルは地形の影響は入っていない。

樋口：気候変動のメカニズム解明に、海洋の長期変動を考えに入れる必要があると思われるが、数値実験の結果ではどの程度の海水温の変動が大気に影響を及ぼすと考えられるか。又、計算と実測とを合わせるのに海洋観測にどの程度の精度が要求されるのか。

新田：GARP で要求している精度は  $0.5^{\circ}\text{C}$  だ。

松野：都田の例だが、赤道地方の海水温の周期変動で中緯度の気圧パターンがどう変るかという問題のシミュレーションでは、 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$  の海水温変動が telecommunication によって予報技術的に見て違うパターンと認識される程度の差を生んだと聞いている。

菊池：今後の研究方向の参考に、GARP の計画を説明して欲しい。

新田：1976年に第1回の global な実験を行なう予定だ。この年に気象衛星などの資料を集めることとなる。希望者はこれを手に入れることが出来よう。

3) 成層圏突然昇温について。話題提供 松野太郎 (東京大学)

広田：南半球では強い warming が無く昇温するのは春分以降だと強調したが必ずしもそうではない。程度は小さいが、ケーススタディで真冬の warming もかなり確かめられている。

松野：突然昇温のメカニズムを解明する手がかりとして南半球にみられないことを強調した。実際、弱い warming はあるし、そのことは理論と矛盾しない。

広田：平均の西風減速機構の中で、mean meridional circulation による  $\overline{f\bar{v}}$  の効果の話したが、一般に冬の成層圏では、 $\overline{u\bar{v}}$  の flux divergence と  $\overline{f\bar{v}}$  の項がほぼバランスしているはずだ。

松野：Charney & Drazin によるとプラネタリー波が定常存在している時、又は dissipation 変化が全く無い時には、 $\overline{u\bar{v}}$ 、温度輸送の効果は平均場に何も変化をもたらされない。実際おだやかな冬の状態では  $\overline{u\bar{v}}$  の flux divergence による風速変化と、それによって誘起される mean meridional circulation の風速変化とが counter balance していると考える。 $\overline{u\bar{v}}$  とつり合う  $\overline{f\bar{v}}$  が大きなバイアスとして働いていると考えるが、突然昇温時の net の風速変化にとっては、それにつけ加わるほんの少しの変化で充分で、それが先に話した条件の時西風減速のセンスであるという点が重要である。

広田：mid winter warming と final warming の各々のその後の過程の違いをどのように考えるか。

松野：再び冬に戻る場合には、第一には放射による急速な冷却の影響だろう。突然昇温後の例では Rodgers などが計算している。付加的に力学的影響も考えられる。final warming については、はっきり解らないが、時期的な放射の違いだろう。又、100mb では最終昇温のような状態が続くが、10mb では気温が下がっている場合も

ある。対流圏の影響も考えると興味深い。

大川（札幌）：予報への応用という面で、成層圏において季節的に特徴のある波に対応する対流圏の波を、天気図上で識別する方法は無いか。

松野：解らない。

岩坂（名大）：昇温の際に気温上昇はどの位の高度まで理論的に達し得るか。

松野：dissipation などの問題もあるが、経験上では、強い昇温の時は波がくずれてしまうのでそれほど高くまで伝わらないが、波数1の場合などでは70~80kmまで達し得るだろう。

岩坂：現象の続いている時間はどの程度か。

松野：下からの伝播も考え1週間程度だろう。

広田：冬の昇温前に成層圏に定常波があった訳だが、平均帯状流が東風に変った後、40kmより上にあった wave energy はどう変るか。

松野：数値計算では dissipation の効果を考えていないので上方まで昇温が現れてしまった。その他の例は行っていない。

広田：warming の時のじょう乱があるレベル以下に限られるとすると電離層 D-region-anomaly とは如何なる結びつきが考えられるか。

松野：D-region-anomaly は殆んど毎冬あるが、突然昇温はそうでない。D-region-anomaly がプラネタリー波によって誘起されるとすれば、平均状態での波数1の波の上方への extension が80km 付近で何等かの作用をしているのかもしれない。

川平（京大）：冬季メソポーゼは夏に比べ高温だが、それを既述のメカニズムで説明できるか。

松野：よく解らない。

川平：波数1と2を同時に考えた時、両者は昇温を助け合う方向に作用するのか。

松野：非線型の効果で見当がつかないが、波数1はwarming を起す程の強度を持たない時でも平均場を変形する効果は考えられるだろう。波数2は西風中を伝わる効果は小さいので先の波数1の変形と関連することも考えられる。

佐藤（東大）：300mbでかなり定常的な振幅を与えているが、周期的変動を与えた場合、振幅を変えた場合に突然昇温に対する critical なものは定まるか。

松野：warming は、下端の forcing をある移相速度で動かした時、波数1、2では起った。波数3では起らなかったが伝播性が悪いからだろう。振幅を小さくしても forcing を持続して与えた場合は全部 warming は起った。しかし critical な振幅はあると思う。

あとがき

長期予報の立場から山崎氏より大循環の季節変動のいくつかの問題点が提起された。一方、大循環の数値シミュレーション及び成層圏の特徴的現象に関する最新の研究が新田氏によって紹介された。

今回のシンポジウムでは、必ずしも十分に各分野の話題がかみ合わなかったらみがあるが、それは一面、研究の現状でもあろう。しかし、長期予報者が抱えている諸問題、例えば、極うずの動向；最終昇温の遅速と季節のおくれ、すすみ；梅雨期におけるオホーツク海高気圧の形成とベーリング海への極東トラフの移動；冬から夏への予報と夏から冬への予報のむずかしさの違い等の問題点が明かにされ、これらの問題の解明に関連して、大循環の数値シミュレーション及び成層圏・中間圏循環の力学に関する研究が大きな成果をおさめつつ進展している現状を知ることができたのは大きな収穫であった。

最後に、本稿は札幌管区気象台予報課の方々の記事、整理をもとにして作文したものであることを付記し、ここに厚く感謝する次第です。