



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	“乗り換への蝶施説”への確證（エンレイサウ屬染色體研究，第22報）
Author(s)	松浦，一； MATSUBARA, H
Citation	Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Imperial University. Ser. 5, Botany, 6(1), 61-66
Issue Date	1946
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/26285
Type	departmental bulletin paper
File Information	6(1)_P61-66.pdf



“乗り換への螺旋説”への確證
(エンレイサウ屬染色體研究, 第22報)

松 浦 一

Matsuura, H. Chromosome Studies on *Trillium kamschaticum* Pall. and Its Allies. XXII. Critical evidence of spiral theory of crossing-over.

Résumé

According to the writer's theory of crossing-over (now called "The spiral theory of crossing-over"), the rejoining of chromatid segments giving rise to genetical crossing-over is accomplished by occurring, as the foregoing event, of breakage of the chromatids at exactly corresponding loci at the time of alternation of the spiral system (Matsuura, '40). Now a question arises as to how and in what condition this breakage of chromatids occurs. The present study deals with this critical point.

These breaks were clearly demonstrable in favorable preparations of PMCs of *T. kamschaticum* and *T. Hagae* to which pre-treatment with water or dilute NaCl solution was applied (Figs. 1-3). It was found that (i) breaks occur always at identical loci of the paired chromatids, (ii) they are seen only within parallel spirals, and (iii) at the boundary between relational spiral and parallel one, points are often observed, as described before ('40), at which the paired chromatids are attached together at an exactly corresponding locus so that it is impossible to identify which ones are the original threads. These findings are those naturally expected from the present theory of crossing-over.

A striking demonstration of breakage has been made possible in a PMC in a preparation of aceto-carmine smearing pretreated with 0.32 mol KNO₃ solution (for 20 seconds). In this cell the uncoiling of major spiral of chromosomes is nearly so complete as to enable one to inspect every detail at question (Fig. 7). As expected, every chromosome thread of the complement of this cell was found to be provided with a number of actual breaks! That these breaks are not of a fortuitous origin is evidenced by the following findings: (i) as a whole the position of breaks is so regular and the length of broken segments is nearly equal throughout every member of the complement, (ii) in some central regions of arms, however, there are often very short segments, (iii) the number of breaks per arm does not exceed the number of half-coils of the regular spiral of normal chromosomes, and (iv) in a portion where original spirals remain unstretched as yet, each one break exists in each one half-coil. It is interesting to note that the finding (ii) is that already predicted

from the fact that parallelisation of spirals takes place from both the ends, proximal and distal, and that this will be related with genetical finding that the coincidence usually greatly increases near the central region of arms.

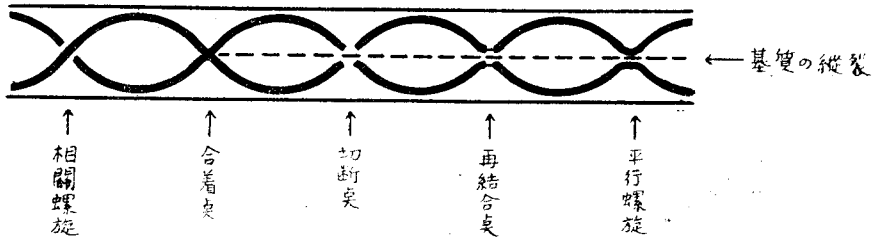
近時遺傳學的分析の手段によつて乗り換への現象は決して偶然的のものでなく正常の減数分裂に必然的に伴ふものであり、しかもそれは何か波動的正確さをもつて起ることが實證せられつゝある。此の種の條件は當然乗り換へ時に於ける染色分體の配列に一定の幾何學的律性を要求する。キアズマ學派は此の機構の正確さに對したゞキアズマの干涉を以て説明しやうとする。併し乍らキアズマ干涉なる概念は二次的キアズマの存在(第14報)により多大の修正を要求せられてゐる。しかのみならず從來キアズマ型説の證左と考へられてゐた事象もつぎつぎとその力を失つてきた(第7, 17, 18及び19報)。

既に私は新二面説に基く乗り換への機構に關する新説を發表した(第12報)。即ち二價染色體の腕を構成する2染色分體は所謂相關螺旋の形にあり、それが第1分裂後期の直前に於て平行螺旋に變換される。此の變換—平行化—は染色體の末端の回轉を許さずして、外端と内端との兩側より殆んど同時に起る。當然平行化は該染色分體間の切斷と合着とを前驅現象として完成されるのである。平行化の據つて起るところのものは染色體基質の縦裂であつて、これが染色分體の切斷面の任意なる再結合を許さず、たゞ乗り換へに結果する方向にのみ許すと考へられる。かくて此の説は乗り換への正確さが螺旋系内の染色分體關係の正確さと合致する故に上述の條件を満足する。こゝで此の説を“乗り換への螺旋説”と名命することにする。此の新名稱は新二面説そのものを乗り換への直接的機構と誤解することにより嘗つてなされた無用なる批判(Nebel '39, Huskins and Newcombe '41)を除去するに役立つであらう。

扱て吾々はX線照射の實驗から染色糸の切斷の回復(再融合)には相當の時間を要することを知つてゐる。従つて乗り換へ現象に於ても染色分體の切斷は、よく處理せられた材料に於ては“見うる”筈である。併し正常の三次元的螺旋を構成してゐる染色分體内にかゝる微細な構造の變化を見出すことは不可能ではないが、寫眞による實證は困難である。そこで解熱の手段がこの目的に採られた。勿論解熱に伴ふ構造の變化に就ては充分の注意が拂はねばならぬが。此の目的を以ての仕事が1942-43年の2季節に試みられた。

1942年には最初の試みとして機械的解熱の手段が採られた。*T. kamtschaticum*の水前處理法(第11報)による花粉母細胞並びに*T. Hague*の0.2モル食鹽水の前處理による花粉母細胞が材料とされた。兩者ともに醋酸カーミンで處理され、第1分裂中期の染色體がカバー・グラスを軽く壓することによつて、その螺旋がほぼ二次的の捩れの状態に置かれた標本が觀察に供された。寫眞第1—3圖に明かなやうに染色分體の切斷はまさしく“あるべき位置”に認められる。即ち之等の像が人工所産でないことは次の知見から明かである:(i)切斷は常に2染色分體の相同位置に起ること、(ii)それ等は平行螺旋系に於てのみ見られること、(iii)相關螺旋と平行螺旋の境界では對

合せる2染色分體が1點に合着し完全な交叉狀を呈してゐること(このことは第12報でも記載された)。この(iii)に述べられた合着は分體の切断の將に1歩前の状態を示すものと考へられる。又切断箇所をよく見るとその再結合の方向に磁力線の如き構造のものが出現してゐる(第3圖C)。よき材料に於ては切断より再結合迄の種々なる時期が連続的に見られる。A圖はかゝる乗り換への連続過程を示す模式圖である(三次元的螺旋系を二次元的撚れの状態で示す)。



A圖 乗り換への連続的過程を示す模式圖。1腕の1部分を、三次元的螺旋系を二次元的撚れの状態として示す。乗り換へは右より左へ即ち基質の縦裂と共に進行する。

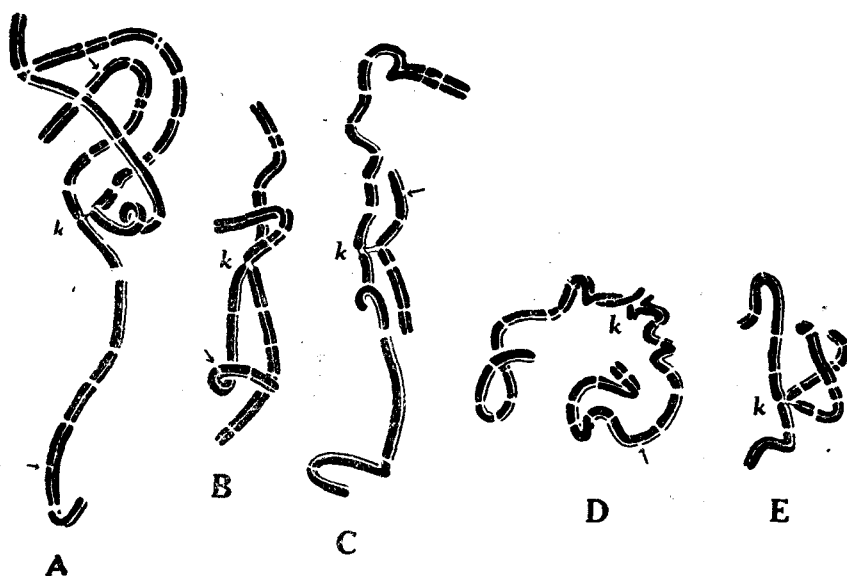
併し乍ら不幸なことに此の機械的解熱法ではあらゆる詳細にわたつての觀察が困難であり、又最もよき標本に於てすら局部的の觀察しか許されない。そこで次の試みとして翌年化學劑による螺旋の解熱法が試みられた。*T. kamtschaticum*¹⁾の花粉母細胞に種々のアルカリ及びアンモニア鹽類の前處理がなされた(第21報)。その實驗中0.32モル KNO_3 溶液で20秒間處理された醋酸カーミン標本の一枚のうち、たゞ1細胞ではあつたが大螺旋の完全な解熱状態を示すものが得られた(第7圖)。この細胞に於て私の豫想は驚く可き程度に的中したのである。

本材料は第1中期に至る迄の数日間25—30°Cの高温室に置かれたもので従つてその分裂の速度が早められ、對象に比して細胞の大きさも大きく、染色體も太く短く(大螺旋の回旋數の減少による)なつてゐる。即ち既報(第1及び5報)の高溫による“調和的”變化の一つを示すものであつた。かゝる状態が解熱を容易ならしめたと思はれる。正常の細胞の如く長い染色體(螺旋の回数多き)では空間的制限により解熱の完全な像は得られぬであらう。此の細胞に及ぼした此の前處理の響影は非常に特徴的である;それは大螺旋基質の完全な膨潤を來した。既に(第15報,第21報)述べた如く、中期染色體の螺旋形は染色糸の彈性と基質の凝縮力との平衡により決定されるものであり、解熱は前處理により一方に染色糸の負荷電の増大による彈力の強化が起り、他方には染色糸と基質との結合の弱体化及び基質の膨潤による粘性の減少(凝縮力の低下)等の惹起により、染色體自體の力で起されるものと考へられる。かくて相關螺旋を構成する染色分體ミセル内の及び分體間の反撥力は、かゝる際にその自由端を大

1) こゝに使用された材料は從來のもの(白老産)と違つて北海道の落石産である。こゝのものは外部形態が一般に大型であるが、核學的にも違ふらしい。第4圖に見られるやうにB染色體が著しく短くなつてゐる。恐らくこれは新しい核型のものであらう。

螺旋の回旋方向とは逆の方向に回轉せしめることにより、大螺旋の解消が來されるのである。若し小螺旋基質がさして影響を受けぬ時には、染色糸の弾性の増大がその幅を増大せしめ長さを短縮せしめるであらう。第7圖はまさしくかかる状態を示すものと考へられる。即ちそこには染色分體間の相關的撚れは見られず、全長に亘り平行的に並んでゐ、第4圖の大螺旋染色體と比較して染色分體の幅の増大と長さの短縮が見られる(第6圖)。

之等の引き伸ばされた糸に見られる切斷に就いては、人或はそれを何か偶發的の起原に歸するかせ知れぬ。併し次の知見はそれを拒否するであらう(B圖): (i) 切斷の



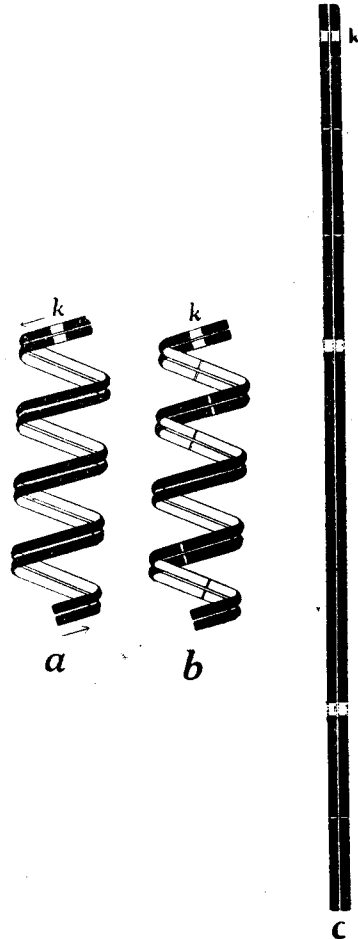
B圖 第7圖に示された細胞よりのスケッチ。各腕に於ける切斷の数は次の通り。A腕では6, 6, 8, 8; Bの短腕では2と3, 長腕では3と4; Cの短腕ではそれぞれ2, 長腕では3と8(著しき相違!); Dの長腕では10と12; Eの短腕では1と3, 長腕ではそれぞれ4。kは動原體, 矢は切斷が染色分體の1本にのみ見られる箇所を示す。D染色體の右腕の動原體に接する殘存螺旋は左巻きである。

位置が全體として大變規則正しく、且つ切片の長さは各染色體を通じて大體一定してゐること, (ii) 併し腕の中央部では屢々非常に短い切片があること, (iii) 1腕に於ける切斷の数は第4圖の如き先づ正常と考へられる染色體の螺旋に於ける半回旋の數を超過して居らぬこと, 更に (iv) 局所的にもとの螺旋の殘存してゐるところでは(圖のD二價染色體の右腕に於ける動原體に接する部分), 各1切斷が各1半回旋に存在すること。之等の知見は之等切斷が, まさに第12報で豫想された方法で起つた乗り換へと關係づけられることを示すものである。特に知見(ii)の腕の中央部に短い切片の存在することは、螺旋の平行化が外端と内端の兩方から起つた結果と見做さるべく、此の部に於ける併發乗り換への増大といふ遺傳學的知見と一致する事柄である。

尚こゝに注意すべき事象がある。之等の圖に見られるやうに切斷の或ものではそのわれめが著しく大きいのに對し、他のものでは染色分體の1本だけにやつと見分けられる程度に小さい。かゝる相違は切斷の生起から回復(再融合)迄の連續過程を示すものであらうか。恐らく此の推定は一部正しいやうに思はれる。併し特に著しきわれめの由來に關しては尙次の如き考察の可能性があるやうである。即ち大體に於てかゝる大きなわれめは長腕に於ける長い切片に伴ふ(圖のA及びC二價染色體の腕に見らるゝ如く)事實から推して、恐らく之等の長い腕に平行化が兩端より進行しつゝあり、中央部にまだ相關螺旋が残存してゐる状態の時に、糸が伸張せしめられたとすると、中央の切片は最早や相關螺旋系の解消を完了し従つて回轉の必要のない隣接の切片とは無關係にその軸の廻りに回轉するであらう。當然かくてこの部のわれめは誇張せられることにならう(C圖)。

本研究の知見が將來もつと多くの材料に發展し、切斷の場所に關する統計的取り扱ひが可能とされることが望しいであらう。かくて本論叢の主な目的たる乗り換への細胞學的分析が可能とされるのである。此の種の研究に如何に微妙なテクニックが必要であるかは、第5圖と第7圖とを比較すれば明かであらう。第5圖では同一の細胞が永久標本になされた状態を示すもので、脱水劑(この場合アルコール)が細胞及び染色體に著しき收縮を來さしめ、多くの微細構造をつぶしてしまひ、切斷の多くを全く不明瞭たらしめて了つた。

謝意表明 本研究は學術振興會第4特別委員會の援助によりなされた。同會に深甚の謝意を表明する。又當教室の天野、倉林兩大學院學生はこの研究の標本作製に努力せられた。こゝに厚くお禮申上げる。



C圖 乗り換へ即ち螺旋系の變換が完了する前に染色糸が引き伸ばされた状態を示す模式圖。aは乗り換へ前の相關螺旋系で乗へが兩端から始まる(矢の方向)。bはそれが相當進行した状態で中央部にはまだ相關螺旋が残存してゐる。このbの如き状態にある糸が伸張せしめられるとcのやうになる。即ち中央部の相關螺旋の部分はその内部的撚れを解消すべく回轉し、その爲めに隣接する切片との界の切斷面が著しく誇張されることになる。

引 用 文 献

Huskins, C. L. and H. B. Newcombe. 1941 *Genetics* 26: 101-127 — Matsuura, H. 1938, 第7報. *Cytologia* 9: 78-87; 1942 (T. Haga と共に) 第10報. *Cytologia* 12: 397-417; 1938, 第11報. *Cytologia* 9: 243-248; 1940, 第12報. *Cytologia* 10: 390-405; 1941, 第14報. *Cytologia* 11: 380-387; 1941, 第15報. *Cytologia* 11: 407-428; 第17-21報. 印刷中 — Nebel, B. R. 1939. *Bot. Rev.* 5: 563-626.

圖 版 9 及 び 10 説 明

第1-2圖は *T. Hageae* より, 他は *T. kamtschaticum* よりの花粉母細胞第1分裂中期の染色體。前處理は第1-2圖では0.2モル NaCl 處理, 第3圖では水處理, 第4-7圖では0.32モル KNO_3 處理であつて, すべて醋酸カーミン標本にされた。倍率: 第1-3圖 $\times 3000$, 第4-7圖 $\times 2000$, 縮少圖版9, $\frac{3}{5}$; 圖版10, $\frac{1}{2}$ 。

第1圖 C三價染色體の1長腕に於ける切斷を示す(三つの異なる焦點で撮る)。中央部にまだ相關螺旋が残存して居り, 螺旋の平行化が切斷を伴ひ, そして螺旋系の變換の堺介に染色分體の融合點(xを以て示す)が存在することを示す。Kは動原體の位置を示す。

第2圖 同じく他のC三價染色體の1長腕に於ける切斷(2焦點で撮る)。螺旋の平行化の完了直前であつて, 中央部に融合點(x)が存在する。以上の寫眞から平行化は外端と内端の兩方から起り中央部に進行することが判る。

第3圖 A二價染色體の1腕に於ける切斷。その1切斷(aの印がある)の詳しい状態が3cで示されてある(フリー・ハンドのスケッチ)。切斷箇所に基づきの新しい増殖が行はれてゐる。

第4圖 落石産の *T. kamtschaticum* の完全な染色體の組。螺旋の規則正しいことに注意。

第5圖 第7圖の同一細胞が脱水され, バルサムに封じられて永久標本となされたもの。小螺旋構造及び細い切斷の多くは糸の著しい收縮により不明となつてゐる。

第6圖 第4圖の螺旋染色體の大螺旋を伸ばした長さ(第6a圖はその簡単な作圖, このことに就ては第1報を見よ)と第7圖の細胞に於ける染色體の長さの比較。共にA染色體の1腕が比較されてゐる。第6a圖のabは作圖による長さで 57μ と測定され, 下圖6bのそれに相當する腕では 52μ と測定された。

第7圖(圖版10)大螺旋の完全に引き伸ばされた細胞に於ける完全な染色體組を4焦點で撮つた寫眞。第4圖と同一の標本より得られたものである。之等の引き伸ばされた糸に於ける明らかな小螺旋構造に注意。

