

自転車走行中に発生した前輪大変形 による転倒事故事例について

製品安全センター
技術業務課
伊敷 万太郎
田崎 茂

発表概要

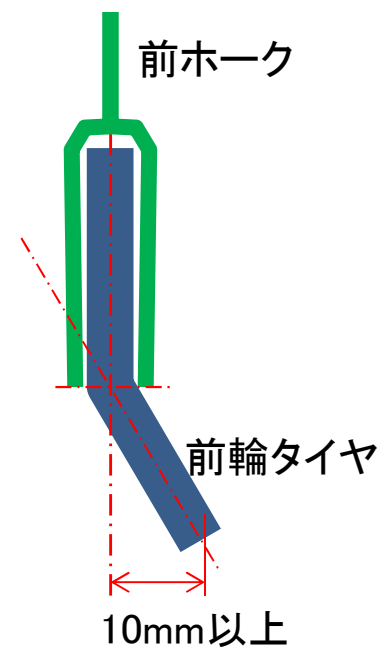
- 自転車前輪の大変形を伴う転倒事故が散発的に発生している。
- 通常の前輪破損事故と異なり、変形に至った理由が判明せず、原因究明が難航することが多い。
- 今回、ある転倒事故の調査を通して、「前輪が変形した原因」及び「変形に至る状況」を推定することができた。
- また、調査過程で行った簡易試験の方法を紹介する。

前輪の大変形事故とは

NITE(ナイト)独立行政法人製品評価技術基盤機構 平成27年度製品安全業務報告会
「ドラム式走行試験機等を使用した自転車事故の原因究明」より

➤ 大変形の定義

前輪の横振れの変化量が10mm以上あるものとする。



前輪の大変形事故とは

➤ 前輪の大変形による事故の特徴

- 走行中に突然発生する。
- 縁石や壁などのない平坦路で起こることがある。
- 事故時に障害物や対向車との接触・衝突した事実がないことがある。



過去にNITEが行った検証

NITE(ナイト)独立行政法人製品評価技術基盤機構 平成27年度製品安全業務報告会
「ドラム式走行試験機等を使用した自転車事故の原因究明」より

➤ 内的要因(自転車の欠陥)

- スポーク張力のアンバランス

・スポーク張力強めでアンバランスな状態のリムを使用(スポーク23欠落)



➤ 外的要因(外からの衝撃・干渉、等)

- 前輪への異物巻き込み
- 走行中に前輪に加わる衝撃(段差降り、壁への衝突)
- 事故以前に受けたダメージ(落下、自動車轢き、等)



過去にNITEが行った検証

NITE(ナイト)独立行政法人製品評価技術基盤機構 平成27年度製品安全業務報告会
「ドラム式走行試験機等を使用した自転車事故の原因究明」より

- ◆ 大変形の要因としては、以下の2つが考えられた。
 - 走行中に車輪のスポークが破断する。
 - 進行方向に向かって横方向から、車輪に急激な負荷が加わる。



しかし、

- スポークの破断を伴わない大変形事故もある。
- 事故発生時に障害物等との接触がないケースがある。



前輪大変形の具体的なメカニズムはまだ解明できていない。

今回の事故の概要

- 舗装された下り坂を走行中、使用者がハンドルにぐらつきを感じ、慌ててブレーキを掛けたが転倒した。
- 事故後、自転車の前輪が左に大きく曲がるように変形していた。
- 事故発生時、自転車が障害物にぶつかったり、衝突したりしたことはない。
- 事故以前に、自転車に異常を感じたことはなかった。

事故品の特徴



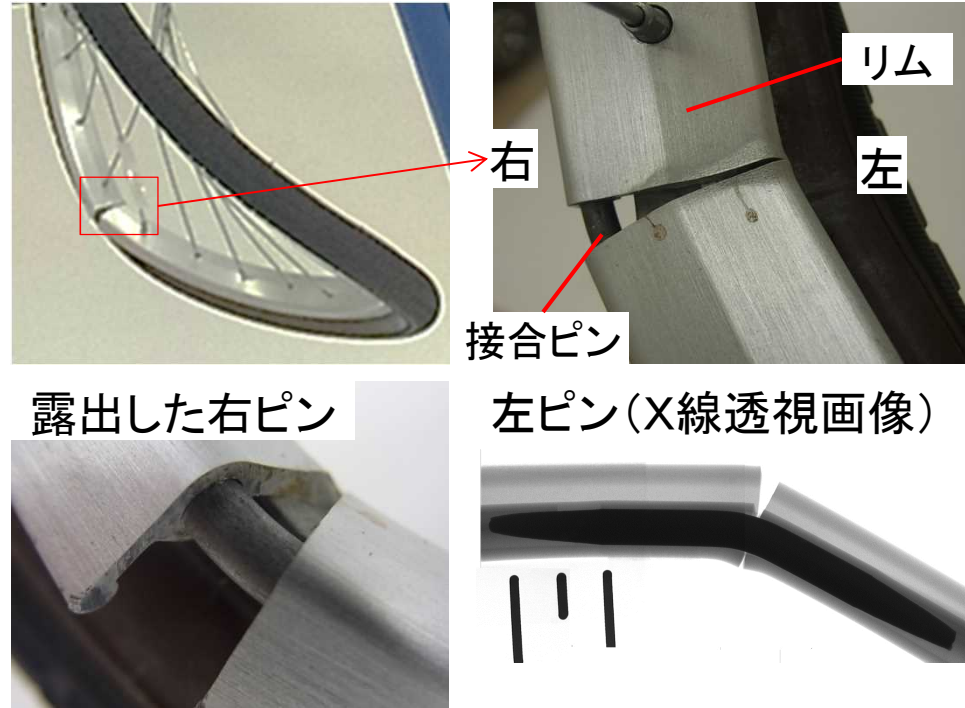
- 前ホークが曲がり、前輪の下側が「くの字」に変形している。
- 前輪のスポークは、破断していないが、大きく変形している。
- 前ホークや前輪のような大きな変形は、他の部位では認められない。
- 各部の部品同士の締結にも異常はない。

事故品の特徴

前ホーク(正面)



前輪リム接合部と接合ピン



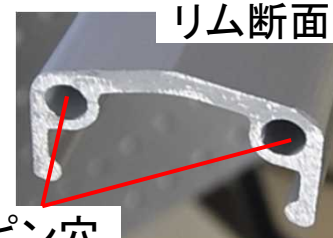
- 前ホークは、爪部が前輪の変形方向と同じ方向(左)に曲がっている。
- リムの接合部が開口して右のピンが露出し、左のピンも折れ曲がっていた。

仮説①

➤ 接合ピンがリムから露出していることを踏まえ、

→接合ピンをリムから引き抜くには、2000N以上の力が必要であり、通常走行中に緩んだり、抜けたりすることは考えにくい。

→接合ピンの直径とリムのピン穴が「すきまばめ」になっており、抜けやすくなっていたのではないか。



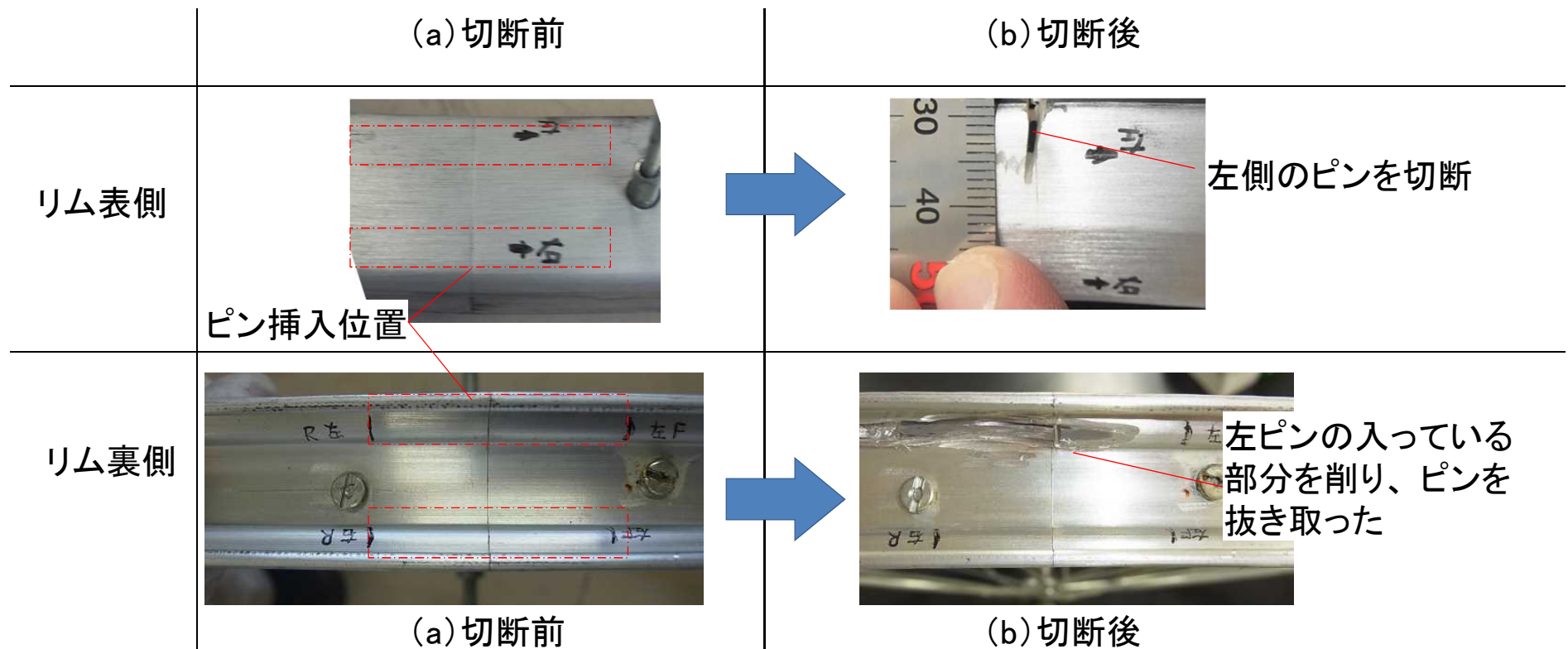
接合ピン



リム接合部の締結力が弱かったため、走行中にリムが変形し、バランスを崩した。

同等品による仮説①の検証

- 接合ピンの締結力がゼロの状態を作るために、前輪リムのピン2本のうち、1本を外して走行する。



同等品による仮説①の検証

➤ 走行パターン

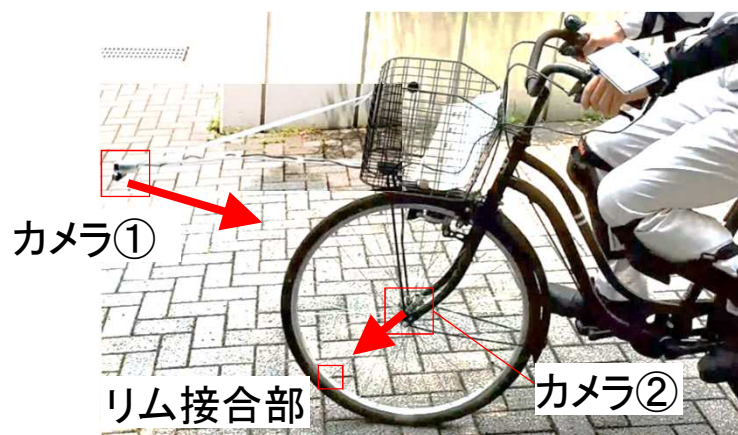
スラローム	急ブレーキ
登坂	立ち漕ぎ
急旋回（小半径での旋回）	段差乗り越え
急ハンドル（ハンドルをできるだけ急速に大きく切る）	



無線小型カメラによる観察

➤ 走行中に複数の条件が重なることで、接合部に異常が生じる可能性。

→ 走行中の接合部を常時、観察・記録する必要あり。



42mm x 42mm x 20mm



販売事業者HPより

カメラ②の外観



ハブ軸に取り付けることで、前輪と一緒に回転

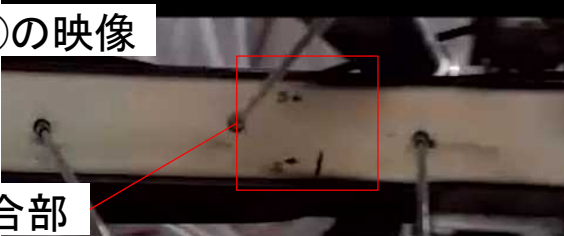
- 撮影状況をスマートフォンで確認可能
- 軽量・小型であることから、ハブ軸や反射板に取り付け可能
- 15～20分程度の動画を撮影可能
- カメラ①と同期することで、走行状態と対応させながらリムの状態を検証可能

無線小型カメラによる観察

カメラ①の映像



カメラ②の映像



リム接合部

2台のカメラの同期



段差降り



急ハンドル



➤ 結果

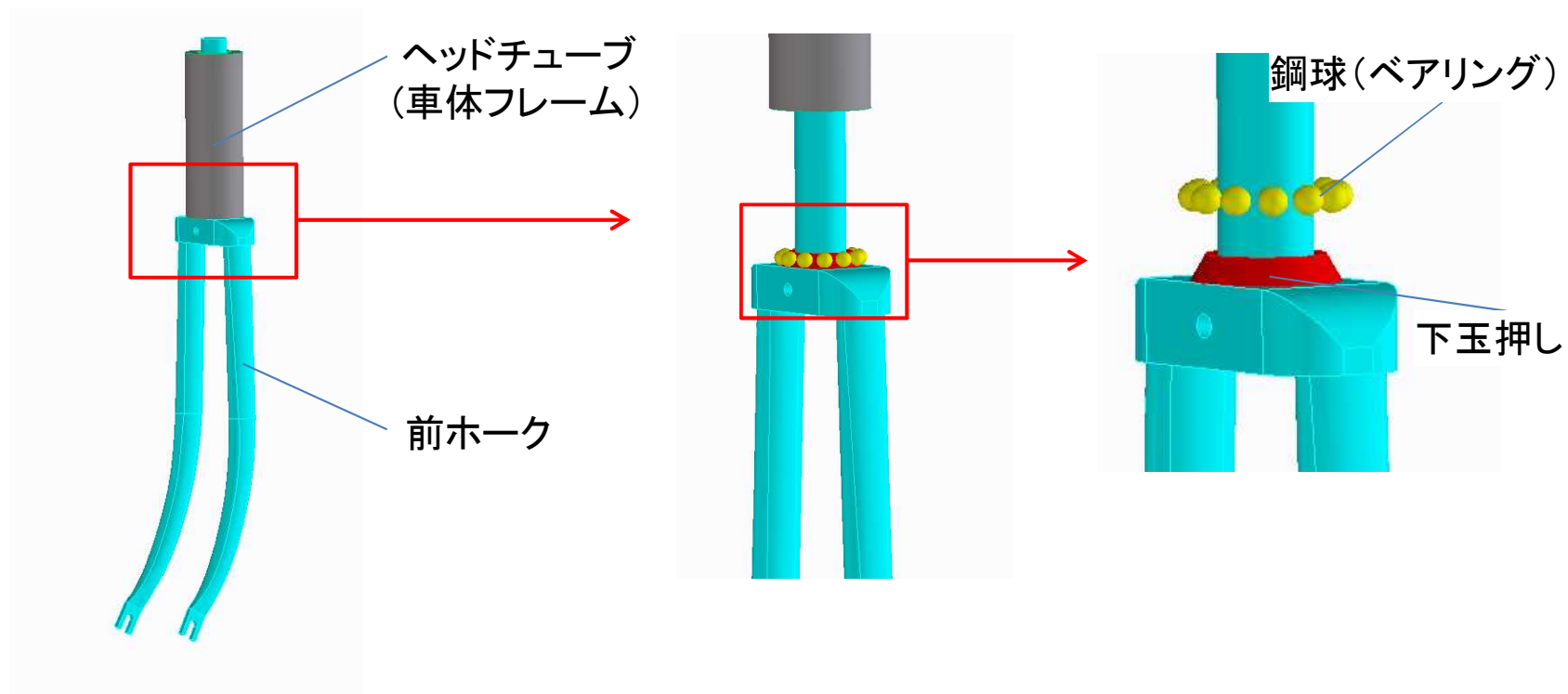
接合部に異常は認められず。リムにも明らかな変形無し。

→大変形の原因は、リム接合部の締結力不足ではない。

再調査

➤ 前ホーク下玉押し of 圧痕

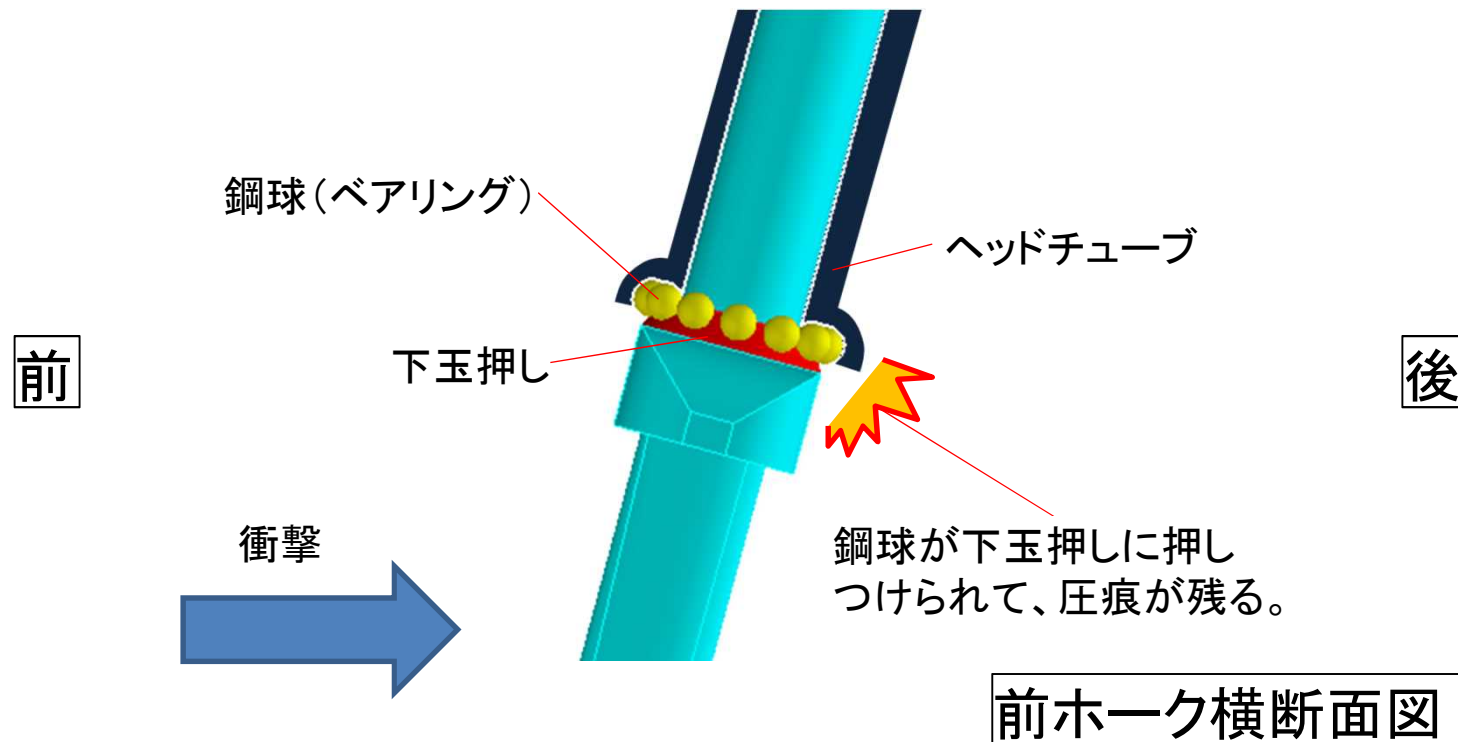
前ホークに衝撃が加わると、ベアリングの鋼球が下玉押しに押しつけられ、下玉押しの表面に「圧痕」が残ることが知られている。



再調査

➤ 前ホーク下玉押しの圧痕

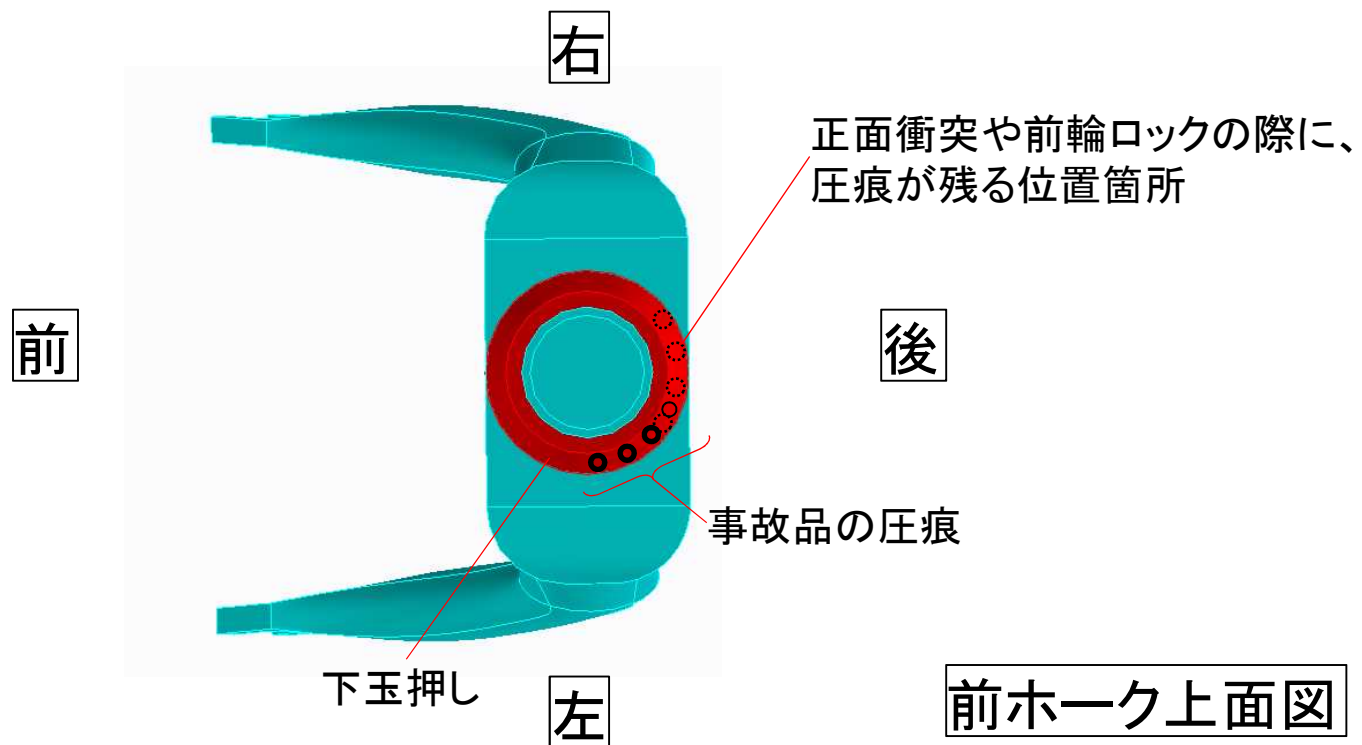
前ホークに衝撃が加わると、ベアリングの鋼球が下玉押しに押しつけられ、下玉押しの表面に「圧痕」が残ることが知られている。



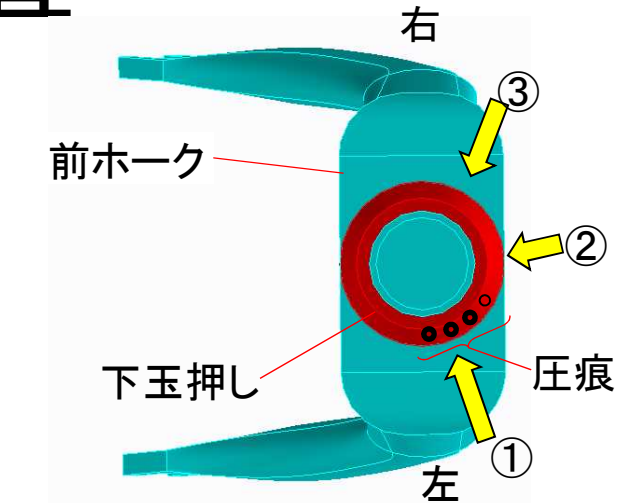
再調査

➤ 前ホーク下玉押しの圧痕

正面衝突などで前輪が前方から力を受けた場合、下玉押し
の後方側に圧痕がつく。事故品は、左側に圧痕が残っていた。



再調査

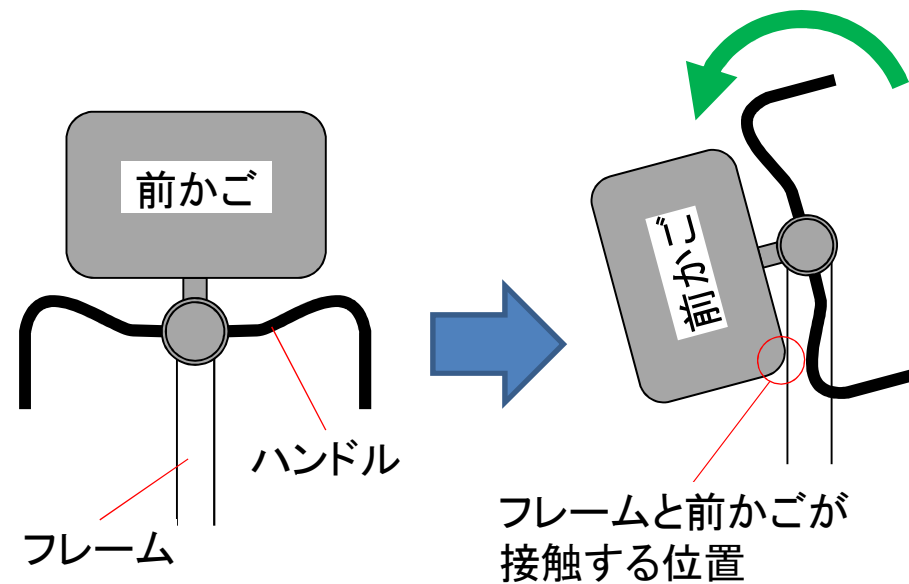
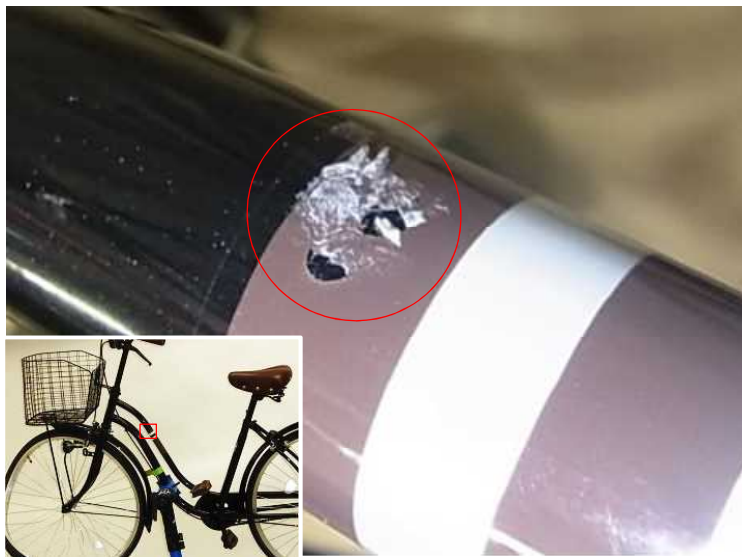


前ホーク右側から強い力が作用したことを示している。
前輪の変形は、スポーク張力のアンバランス、部品の強度不足、等の製品欠陥によるものではなく、外力によるものと推定される。

再調査

・フレーム左側面の傷

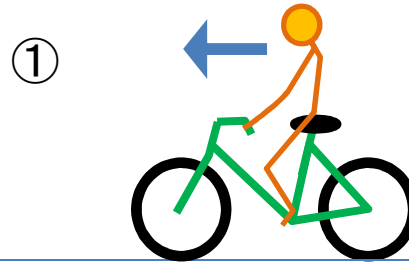
- 位置的には障害物等との接触の可能性は低い。
- ハンドルを左にきり続けたところ、前かごとフレームが接触する位置に一致した。
- 右側面の同じ位置に傷なし。



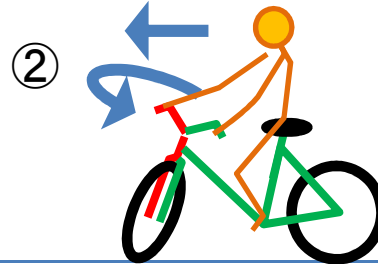
自転車が前輪に衝撃を受けたとき、前輪は進行方向に対して左に大きく切れていた可能性がある。

仮説②

走行中にふらつきを感じる。

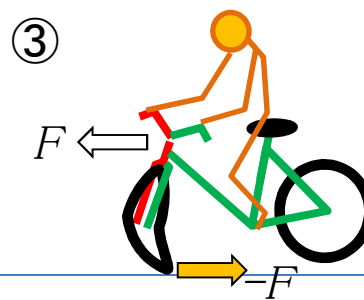


あわててブレーキをかけるも、ハンドルが急速に左に切れる。



前かごが本体フレームの左側面にぶつかり、傷が残る。

前輪が回転せず、車体に急制動がかかる。車体と乗員の重量分の慣性力 (F) が生じ、同じ大きさの力が前輪タイヤの接地点から前輪左側面に向けて作用する。



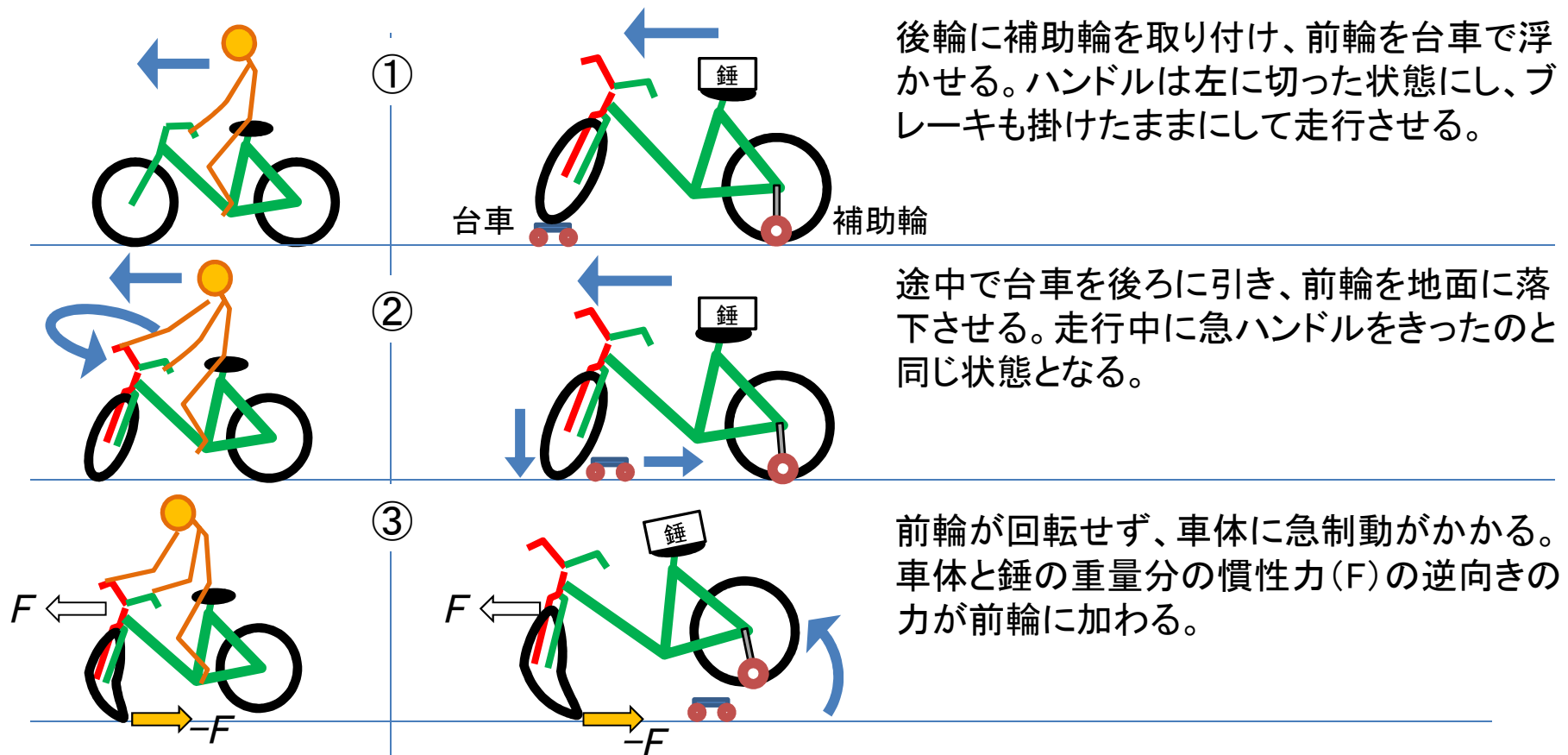
衝撃により、

- ・前輪が左方向に曲がる。
- ・前ホークが左方向に曲がる。
- ・下玉押しの左側に圧痕が残る。

➤ この仮説は、「障害物との接触はない」とする事故状況に合致する。

仮説②の検証

人が乗車して急ハンドルをきるのは危険な上、意図せず減速をかける可能性がある。そこで、おもりを載せた同等品を使って、次のような試験を行った。



仮説②の検証

前輪ブレーキレバーは引いた状態

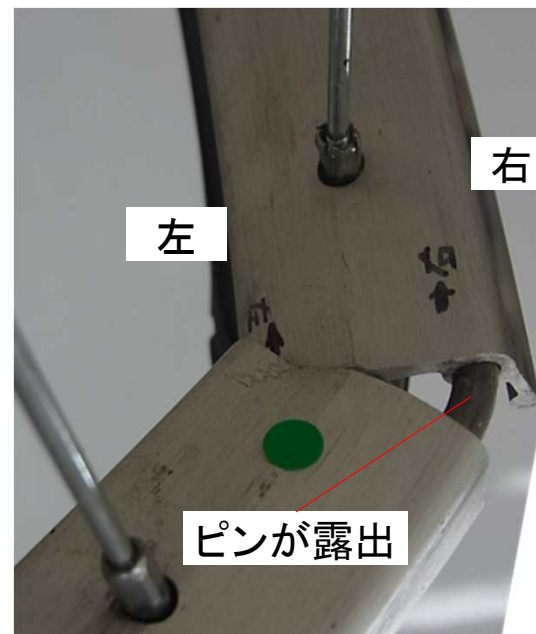


- ハンドル、シートチューブ、サドルにはおもり(合計50kg)を乗せる。
- 前輪を台車の縁に置き、前輪ブレーキはひいた(かけた)状態。
- ハンドルを左に大きくきったままで車体を前に押し、途中で前輪だけ落下させる。
- 仮説①の検証試験に用いた同等品(前輪の接合ピンは1本のまま)。

検証結果

- 前輪は左に「くの字」に変形している。
- 前輪のスポークは、破断はしていないが、大きく変形している。
- リムの接合部が開口して右のピンが露出している。
- 前ホークの爪部は、事故品ほどではないが、左側に曲がる。

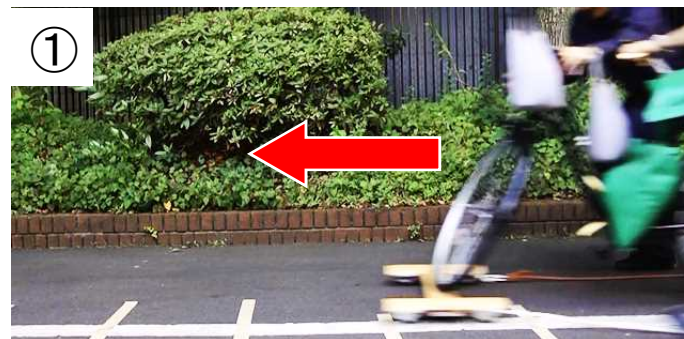
事故品の特徴が再現した。



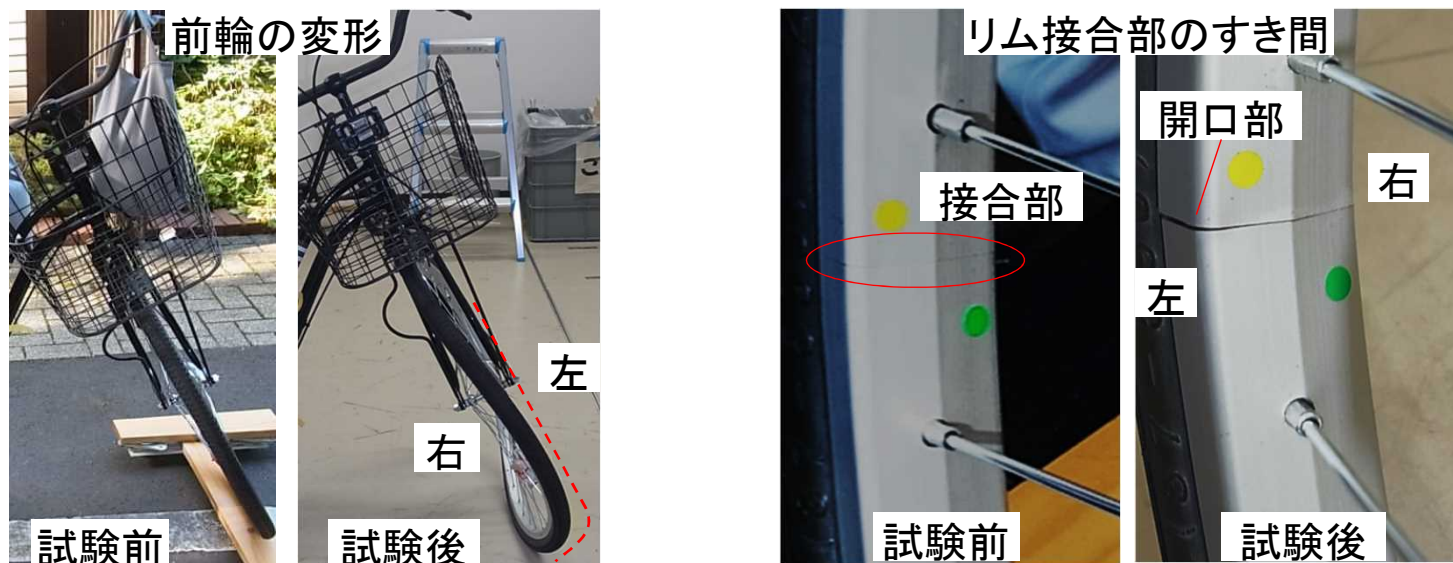
検証結果



- 変形した前ホークを矯正し、前輪を正常品（前輪リムの接合ピンは2本）に交換した。
- おもり（合計50kg）を載せ、前輪を台車の縁に置く。
- ハンドルを大きくきった状態にし、前輪ブレーキはかけた状態で固定。



検証結果



事故品や1回目の試験と特徴的には一致。しかし、変形の度合いは比較的小さい。

➡ 変形の度合いの違いには、接合ピンの有無以外に、次の要因が影響していると考えられる。

- 自転車の走行速度
- 衝撃を受けたときの自転車の体勢と転倒方向
- 衝撃を受けたときのリム接合部の位置

等

まとめ

➤ 当初の事故状況イメージ

- 走行中に前輪が変形してぐらつき、最終的に大変形する。
↓
- 大変形した前輪が前ホーク内側に接触して急制動がかかる。

➤ 調査結果から推定される事故状況

- ハンドルがぐらついた後、前輪が横向きになって急制動がかかる。
↓
- 横向きになった前輪に慣性力がかかり、大変形する。

➡ 本件の前輪大変形は、急制動による二次的なものであり、急制動を引き起こした原因ではなかったと推定される。

まとめ

➤ 今後の課題

- 車輪の変形を伴う事故には、「くの字」以外にも「8の字」変形がある。また、前輪ではなく後輪が変形するケースもあり、今回のメカニズムで全ての車輪変形事故を説明できるわけではない。
- 今回の前輪変形状況は、事故品でしか検証できていない。一般化するには、他の機種の実証が必要。また、変形の度合いを決める要因(速度、リム接合部の位置、自転車の体勢、等)についても検証が必要である。