
原著論文

人で行われる「人間の塔」に関する構造物としての工学的分析

佐野 友紀¹, 村野 良太², 加藤 麻樹¹, 竹中 宏子¹

Analysis on “human tower” made of humans as building component.

Tomonori Sano¹, Ryota Murano², Macky Kato¹, Hiroko Takenaka¹

(¹ Faculty of Human Sciences, Waseda University

² Graduate School of Human Sciences, Waseda University)

(Received : September 17, 2020; Accepted: January 13, 2021)

Abstract

Castells, human towers traditionally built during festivals or other occasions in Catalonia, Spain, are an intangible cultural heritage. Castells comprise hundreds of humans who stack themselves atop each other and reach heights often exceeding 10 m, equivalent to the fourth floor of a normal building, which surprises people all over the world. The tower consists of a column called *tronc*, which is supported on a foundation known as *pinya*. A child called *encheneta* climbs up the tower and throws a kiss when he or she reaches the top. In this paper, we describe the construction mechanism of the human tower in terms of building components. We conducted interviews and questionnaire surveys with the members and the leader of the human tower team, "Castellers de Sants" in Barcelona, and analyzed their age, sex, height, and weight based on their positions in the human tower. We found that their height and weight differed according to their positions and the man at the base of the column, called “*baix*,” theoretically supported a load of approximately 300 kg on his shoulders, but with 8 people around him to help share the load. Therefore, an eight-floor human tower was built successfully on a single base, *pinya*.

Key Words : Human sciences, Human tower, Architecture, and Structural analysis

¹ 早稲田大学人間科学学術院 (*Faculty of Human Sciences, Waseda University*)

² 早稲田大学大学院人間科学研究科 (*Graduate School of Human Sciences, Waseda University*)

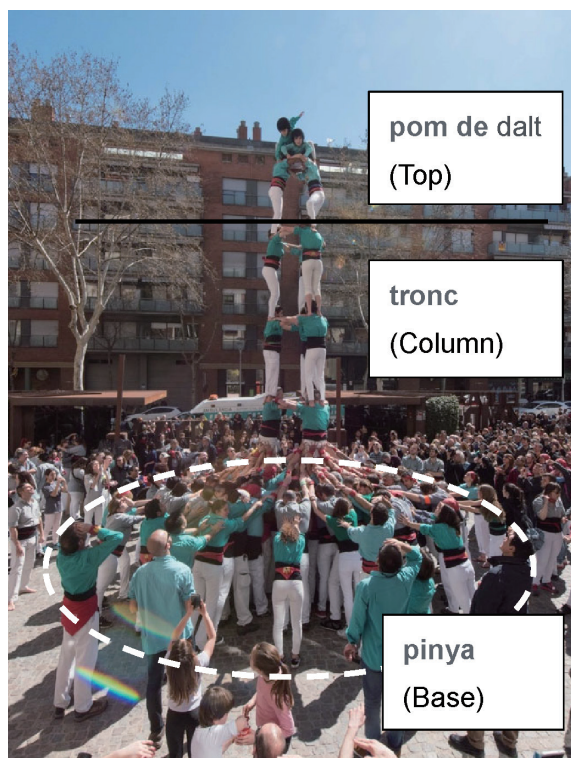


図1：祭りにおける人間の塔 (3 de 7)
(撮影：畠山雄豪)

1 はじめに

1.1 人間の塔について

スペイン、カタルーニャ地方で展開される世界無形文化遺産「人間の塔 (Castellers)」は⁽¹⁻³⁾、数百人の人が集まって一つの塔をつくる (図1)、地域特有の文化活動である。その高さは高いもので10mにもものぼり、見るものを驚かせる高さになる。これは建物でいうと4階の高さに相当する。人間の塔は人がお互い固まりを抑え合う円盤状の塊 (pinya: ピーニャ)、その中心に人が人の肩の上に多重に乗る柱 (tronc: トロルク)、この柱の頂上 (ポム・ダ・ダル: pom de dalt) によって構成される。従来、人間の塔はカタルーニャ地方の伝統文化行事であったが、1930年代以降はポイント制で順位を競っており、公式な場 (祭り、コンテスト) で塔を成立させると、難易度ごとに決められたポイントが加算される。二年に一度、競技会 (Concurso de Castells) が行われ、そこでのポイントを加算して順位が決定する。なお人間の塔のチームは100を超えると言われている。

人間の塔の各部の構成、成り立ちについては近年になって、現地語の文献、記事等で触れられているが、体系的に整理されたものは少ない。少なくとも

調査対象のチームにおいては、塔の各部の組み方は口伝及び実技で伝えられ、詳細に記述されていなかった。人間の塔はトロルク下部のお互いの支え方に特有の技術があると考えられるが、この部分はピーニャの中心で人がお互いを強く圧迫して密集しており、立ち入ったり接近して内部を確認することが難しい。このため、内部の詳細な構造やお互いの位置関係を外部観察により視覚的に把握することは困難である。

1.2 研究目的

本研究では、現地観察調査、リーダー及びメンバーへのインタビュー、メンバーへのアンケート調査を通して人間の塔の仕組みを明らかにするとともに、一つの構築物としてとらえた時に、参加する人々を部材としてとらえることで、人間の塔を成立させる要件と仕組みを工学的視点から定量的、定性的に明らかにすることを目的とする。特に、外部からの観察では把握が困難なトロルク下部の構成を含む塔の成立要件について詳細に検討する。ただし、整えられた実験の場でデータを取るのではなく、練習や「本番」という現場における参与観察や観察から得られた当事者の「自然な状態」を尊重したデータ収集方法も取り入れられている。

こうした人間の塔の工学的分析は、塔作りに関わる人びとが「何となく知っている」技や模範を「科学的見地」から明らかにすることで、口伝や経験と数値で証明されるような「科学」との照応性を提示するであろう。そこから当事者にとっては経験知の「正当性」が実証され、それまでの伝統的あるいは文化的実践への信頼や自信につながり、こうした異なる「科学」を用いた安全性向上および技術革新につながる可能性を持つと考えられる。

1.3 既往研究

人間の塔に関して出版された最初の研究は1934年に遡る。その後1980年代までほとんど出版物はなく、80年代以降、特に1990年代に人間の塔への関心が高まり、一般書あるいは研究書として多数出版されるようになった⁽⁴⁾。その大半は現在まで、歴史や文化人類学的視点で書かれたもので、人間の塔を工学的、技術的に考察した研究は非常に少ない^{(注1) (5-9)}。寡少な研究の中では、Roset i Llobetによる医学的観点からの安全性への提案や体にかかる負荷などの検討は着目に値するだろう⁽¹⁰⁾。そこでは人間の塔

の各部分の人にかかる荷重について定量的に示している。ただし、1人分の体重を平均的な体重から推定して参加人数をかけた総量分析はあるが、2チームについて、しかも4人ずつという少ない人数からとったデータの分析で、多人数データを根拠とした定量的な分析ではない点は指摘したい。また、ウェブサイトの記事ではあるが、2000年代に入ると、人間の塔の技術的な側面に関しても散見されるようになり、中には各ポジションの実施方法などについて詳述した興味深いものもみられる⁽¹¹⁾。しかしこれらは部分的な説明にとどまり、包括的にまとめている研究ではない。そして、このような書物の大半は、当事者であるカタルーニャ人によって、少数言語であるカタルーニャ語で記述されている。

日本では人間の塔について、岩瀬が歴史や文化人類学的の視点から研究を行っている^(12,13)^(註2)。これに対して筆者の一人である竹中は、同じ文化人類学的な視点でも組織としてのチームの社会面に着目し⁽¹⁴⁾、また、加藤は安全工学の視点から、事故防止のための配慮と技術習得の方法を指摘する研究も行ってきた⁽¹⁵⁾。したがってここでは組織や体制および安全性の面には言及しないこととする。

ここで、人間の塔が組体操を想起させる点について触れたい。組体操に関して言えば他分野において分析がなされてきた^(16,17)。しかし、人間の塔と組体操はその構造もメンバーの質も、さらに活動の目的も大きく異なる。日本においては、教育場面の安全の観点から組体操の簡易化、制限が行われているが、人間の塔はむしろ日本の祭りにおける伝統行事やスポーツに近いものである。また、日常的に多くの時間をかけた訓練を繰り返して実践するなどある種の専門集団と言うこともできるだろう。これらの相違から、本研究では組体操とは全く別の文化活動として人間の塔を考察することとする。

1.4 人間の塔の仕組みに対する仮説

人間の塔の現地での観察により、塔では人を縦に積み上げるため、上にいる人は軽く、下にいる人は重くてもしっかりと力を発揮できるメンバーで構成することが求められると考えた。また、構築物としての観点で考えると、少数の大人だけでは成り立たず、様々な体型、能力の人が部材として必要となる構築物であるという考えに至った。本研究では次の仮説に基づき、実際の状況の把握と塔が成立するた

めに求められる要件を明らかにする。

- 1) 人間の塔の部分ごとに必要とされる人の体型、能力が異なる。
- 2) チームには、異なる種別の体型、能力の人が混在して参加している。

2. 人間の塔の構成

本章では、一般知識として把握されていることとして、人間の塔の一般的な資料などで解説されている塔の構成の概略について示す。その上で、次章以降で調査により明らかになった点を明らかにする。

2.1 人間の塔のポジション分類と人員配置

人間の塔は大きく3つの部分によって構成される。建物の足元で柱を支える基壇と同様の役割をする円盤状に多数の人がかたまるピーニャ、ピーニャに支えられた中央の柱であるトロンク、トロンクの上に乗る4人の頂上メンバーのポム・ダ・ダル、その一人でTopに登り頂上で手を上げるアンシャネータで構成される構築物である。また、人間の塔にはいくつかの型があり、トロンク(柱)の本数と段数で表される。例えば、3本のトロンクで7段の塔は3 de 7、4本のトロンクで8段の塔は4 de 8と記述される。

本研究では人間の塔の3つの部分をBase, Column, Topと呼称し、必要に応じてこの分類やポジション名について現地名称を合わせて説明する。

2.1.1 Base (ピーニャ) での人員配置

塔の最下段に同心円状に人が固まりピーニャと呼ばれる円盤状の集団が構成される。ピーニャの役割は塔を支えることと、万が一塔が倒れた時に上から落ちてきた人のクッションとなることである。ピーニャの中心にはトロンクが建てられるが、周りの人はトロンクを支える役割をする。塔の段数が高くなると、塔を支えるためにピーニャの上に2段目のフォルラ(folre)、3段目のマニーリャス(manilles)などを設置し安定させる。

2.1.2 Column (トロンク) 内での人員配置

Column(トロンク)は人間の塔の柱部分であり、肩の上に人を乗せて塔を作る。下の人は上に複層に積み重なる全ての人を支える。Columnは2本、3本、4本、5本、7本など多様である。4本などの柱の中央に1本の柱を作り、周りの柱を外して1本のみとする型もある。

2.1.3 Top (ポム・ダ・ダル) での人員配置

TopはColumnの本数とは関係なく、4人の小柄なメンバーで構成され、そのほとんどが小学校低学年～高学年の子どもである。トロンクのすぐ上に2人がお互いの肩を持って向き合って立ち、その上にしゃがんで体を丸めるアクチャドール (actxador) と呼ばれる1人が位置する。それを台にして手を突き、逆側に渡る形でアンシャネータ (enxaneta) が塔の頂上となり、空に向かって手を上げる。この瞬間が塔の完成を合図である。この4人の部分を3段分として数える。

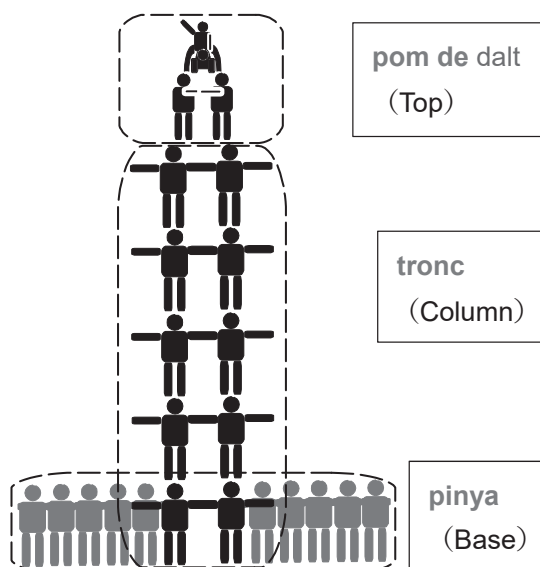


図2：人間の塔のポジション分類（8段の例）

3. 研究方法

本研究では、2016年～2018年にわたり、スペイン、バルセロナ市を拠点とするチームである「サンツ (Castellers de Sants)」に対して、現地調査を実施した (合計6回)。人間の塔のチームは100以上あると言われる中で「サンツ」は競技会で10位以内に入る訓練を重ねたトップレベルの強豪である。現地において人間の塔を形成する際の静止画・動画撮影、リーダーへのインタビュー及びメンバーへのアンケート調査を行った。リーダーに対するインタビューおよび原文資料を通じた構造方法の整理とメンバーに対するアンケート調査による定量的なデータ分析をもとに、人間の塔の特性を考察する。

3.1 調査方法

本研究では、同一のチームを継続的に調査することで良好な関係を築き、チームのサブ的な一員とな

ることで、練習、本番に参加しながら、観察調査、インタビュー調査を行った。なお、調査の過程で他のチームの実態を観察したが、塔の形状は得点化するルールにより同じであり、建て方も概ね同様であることから、1つのチームでの調査結果を一般化できると考えた。対象チームに対して、以下のように人間の塔の構成を把握するための観察調査とメンバーの身体特性を明らかにするためのアンケート調査を行った。その概要は以下の通りである。

- ・対象チーム：「サンツ」(バルセロナ市の地区)

- ・登録人数：約400名 (登録)、約200名 (実動)

- ・調査01.塔の構成把握のための観察調査方法：

現地での練習、本番 (祭り、コンテスト) において人間の塔を形成する際の静止画・動画撮影を行った。

- ・調査02.身体特性アンケート調査方法：

人間の塔の対象チームメンバーに対して、同じ週の練習日 (2日間) 及び本番 (祭り) 当日 (1日) に現地にてアンケートを配布、回収するアンケート調査を実施した。アンケートでは、回答者の属性、事故の経験と負傷部位などについて尋ねたが、ここでは、回答者属性である性別、年齢、身長、体重、ポジションのデータを用いて分析を行った。

4. 調査01観察調査を基とした人間の塔の構成

現地での観察調査およびリーダー、メンバーへのインタビュー、原文資料を通して明らかになった人間の塔の成り立ち及び各部の組み方、メンバー構成について述べる。

4.1 チームにおける人間の塔の実践状況

チームのメンバーは、地域を中心とした集団である。夏休みを除くシーズン (3月～11月上旬) の毎週平日2回夜、チーム専用の小学校に併設された体育館で練習を行なっている。参加者は毎回100～200名である。「本番」(実演) は主に市町村や街区の祭りにおいて、基本的に日曜日と祝日の昼の時間帯に登場する。異なる地域の3チームが集まり、それぞれが3回ずつ塔を披露する。さらに、集大成として2年に1度、既述の通り点数を積み上げてきた強豪チームが集まるコンテストが、スペイン南部のタラゴナで開催される。このようにチームのメンバーは人間の塔を作るために通年欠かさず練習をしている集団であり、技術を習得することで安全性を

確保しながら実施していることが確認できた。

4.2 人間の塔の構成、ポジションと身体特性の関係

人間の塔はBaseとしての基壇であるピーニャ、Columnとして中心の柱であるトロンク、Topとしてトロンクの上で頂上を形成するポム・ダ・ダルからなる(図2)。ここではその部分ごとに構成と役割を述べる。なお、本研究では、基本的な構造を説明するため、ピーニャの上の複数の基壇であるフォルラやマニーリヤスを伴わない、ピーニャとトロンクだけの塔を扱うこととする。

4.2.1 Base (ピーニャ) の構成

形状は円盤状で、役割はトロンクの傾きを支えるトロンクの荷重を分担する、崩れた時のクッションとなることである。

観察調査、インタビュー等を通して、ピーニャには複数の役割があることが明らかになった。また、外部からは確認が難しいピーニャ内部の仕組みと役割を明らかにした。ここでは、その役割ごとにピーニャを構成するポジションの詳細を示す。

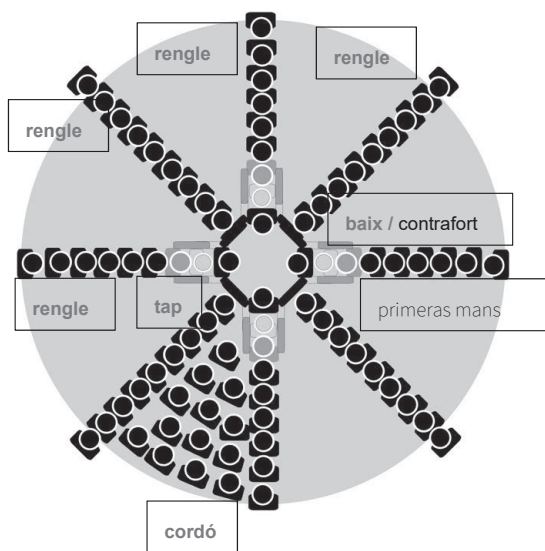


図3：トロンクを支えるピーニャの骨と間を埋める人々 (rengle/cordó / tap)

1) 塔の傾きを支える

ピーニャは原則として同心円状に構成されるが、観察すると四方八方に骨のような列が見える。インタビューによるとピーニャは、トロンク下部を後ろから支えるためのものである。トロンクの最下段であるバッシ (baix) の後ろに列がつけられ、それがピーニャの骨となるということであった(図3)。Baseが1段でピーニャのみの場合、骨の部分は腕

を前に押し出すように前の人の頭の横に伸ばして前の人が伸ばした腕をしっかりとつかむとともに、体を密着させる(図4)。その骨を二等分する角度の方向にサブの骨を、また、その間をつめるように人が同心円状に並ぶ(図3)。骨になる部分のうち、中心に近いところは背が高く体格が良い男性、特に、トロンクから2~3人目までは前の人に覆いかぶさりトロンクを直接・間接的に支えるため、身長が高く腕も長い男性が配置される。骨の先頭で2段目の臀部を支える人プリメーラス・マンズ (primeres mans) の後ろは、その人の手を支え、その後ろも前の人の手を支えるので間接的に塔を支えることになる(図6)。骨では最前列の人がトロンク2段目のサゴンス (segons) の臀部を支え、その次から前の人の腕を掴み一本のワイヤーのようになる。建築構造的に解釈すると、倒れようとする壁を横から支える腰壁と梁 (バットレス) の役割をしているものと考えられる。中心に近い前列には力がかかるため、力強い大柄な人が必要になる。その後列と列の間の隙間をクルド (cordó), 人の下に潜り込み隙間を埋めるタップ (tap) が入ることによりほぼ円形の形状が完成する。人の間を埋めるタップは体が小さい方が良い。

2) 塔の荷重を支える

トロンク最下部のバッシ (baix), 下から2段目のサゴンス (secons) はトロンクの荷重を支え大きな力を受けるため、周りから多数の人が荷重を分担していることが今回明らかになった。バッシは3人、サゴンスは横からのサポートを含めるとのべ5人で荷重を分担して支えている。バッシのサポート3人は、脇の下に入り下から肩を支えるクロッサ (crossa) 2人と、バッシに後ろから抱き着くように抱えて、腰に手をかけ、その手を引き上げながら支えるコントルフオルト (contrafort) である。サゴンスのサポート5人はトロンクが肩を組んでいるその内側にバッシに対面する形で立ち、両腕を上げてサゴンスの膝を抑える「アグーリャ (agulla)」, バッシを助けるコントラフォルトの後ろに位置し、サゴンスの臀部を両手で掴むように支える「プリメーラス・マンズ」, バッシを先頭にした1つのラインと隣のラインの間に立ち(位置としてはコントラフォルトの辺り), 両腕を広げるように斜めに上げて、サゴンス2人の脚を片方ずつ支えるベン

ト (vent), そして, ベントの両脇に塔の横揺れを抑えるためのラテラル (lateral) が1人ずついる。2段目の臀部を支えるプリメラス・マンズ, ベント, ラテラルは体が大きく腕の長い人, コントラフォルトは背が比較的低い人が配置されるとのことであった (図4, 5, 6)



図4：ピーニャでサゴンズ (トロンクの2段目) を支える人々 (撮影:佐藤将之)

3) 安全確保のクッションの役割

ピーニャは万が一, トロンクが崩れたときに上から落ちてくる人のクッション材となり, 安全性を確保している。上の人の落下時にピーニャの人のリスクを軽減するため, メンバーは強く押し合い固めてピーニャを形成する。ピーニャの円盤は外に行くほど低くなる傾斜をつけるため, 外に行くほど背の低い人となり, 周辺部は女性や割合に年配の者などが多くなる。また, ピーニャ中心付近では体の大きな骨やクルドの人の下に入り充填する詰め物の役割をするタップがいる。体の小さい女性などが多く配置される。ピーニャ内部では前の人と密着し中心に向

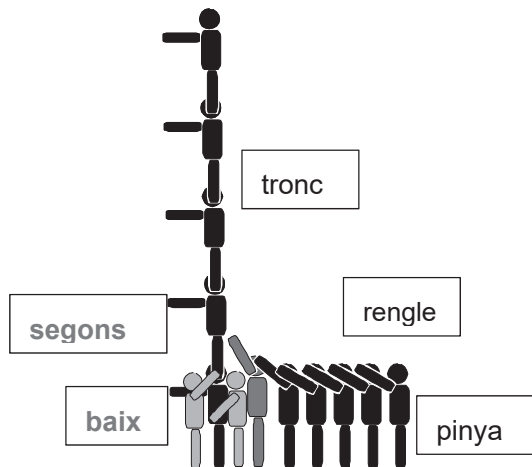


図5：トロンク1, 2段目とそれを支えるレングラ

けて強く押すことで, ピーニャを固めている。ピーニャの外縁に位置する人々は, ピーニャが広がってしまわぬように中心に向かって両手両腕で押す。サポート的な役割であるが, これによってピーニャが「閉じる」重要な役目を果たしている。しかし, 体型などは問われないポジションである。

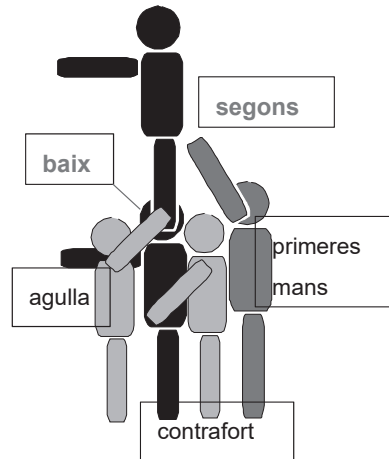


図6：トロンク1, 2段目のサポート方法 (立面図)

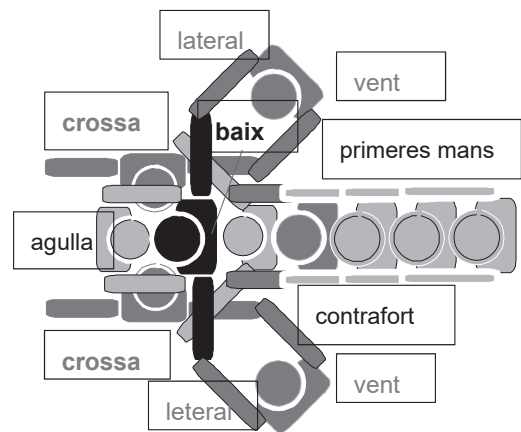


図7：トロンク1, 2段目のサポート方法 (平面図)



図8：ピーニャの中心部を構成する人々 (左から crossa, baix, contrafort, lateral/agulla, primeres mans, vent) (撮影:竹中宏子)

4.2.2 Column (トロンク) の構成

形状は柱状で、機能は塔の中心でTop (Pom de dalt) を支えることである。

トロンクは肩の上に人を乗せ、その人がまた肩に人を乗せ多層を構成するColumnである。塔を形成するときは、下の段を組み、その背中を上って肩の上に立つ。同じ段の人が同時にColumnに登ることで、バランスを保つ。これを繰り返してColumnを完成する。観察から、上に乗る人ほど体重の軽い人が選ばれていることが確認できた。トロンク部分の上から3段目の人は自分の肩に上2段分に加えてポム・ダ・ダルの荷重が加わるため、自身の体重が軽いことと同時に、上の人を支えるだけの強靭さが求められる。上から2段目は荷重が減るが、上に登る力が求められる。このようにトロンクでは、下から上に行くにしたがって、体重は軽く、支える力は小さくなるが登る力が必要になる。また、複数人で1つの段を構成する場合、段ごとにお互いの腕（あるいは肩や腕部分のシャツ）を相互に掴み、安定を試みる。4本のColumnの場合、正方形を作ることで塔を安定させるため、トロンクの腕は建築の鉄筋コンクリート柱でのフープ筋の役割をし、塔が外に広がり崩壊するのを防いでいると考えられる（図3中央）。

4.2.3 Top (ポム・ダ・ダル) の構成

形状は王冠状で、役割は頂上を形成することである。

トロンク上段にはTopを形成する4人のポム・ダ・ダルが位置する。人間の塔では、Columnが何本であっても、ポム・ダ・ダルの形はかわらない。トロンクの最上段の大人の上に、子どもが二人対面で互いの肩をつかむように組んで立ち (dosos), その上に一人がしゃがみ (acotxador), その上をまたいだ最上段のアンシャネータが手をあげた時 (aleta) に塔は完成となる。このように子ども4人で構成されるポム・ダ・ダルを3段分と数える（図9）。2段目のアクチャドールは特に人を支えるわけではないが、小さくかがんだ背中がアンシャネータ（最上階）がまたぐ際に手を置く台となるため、上に登る力とかがんだ体制でじっと動かない所作が求められる。

ポム・ダ・ダルではトロンクの完成に合わせて、下で支える役割の2人がピーニャの上に登りはじめる。

トロンクに登る子供たちは、塔のバランスをとり

ながら登る必要があるため、各方面から同時にトロンクに寄り付き、同じ段の人たちは全く同じタイミングで塔をよじ登ってゆく。全体のバランスを取るために、リーダーであるカップ・ダ・コーヤ (Cap de colla) の指示のタイミングで登る。頂上のアンシャネータは間髪を入れずに、順序よく登ってゆき、塔を完成させる。頂上までColumnに登る必要があるため、身軽で体重が軽い小さい子どもがその役を担当する場合が多い。



図9：塔の頂上のポム・ダ・ダルの4人（撮影：畠山雄豪）

5. 調査02 身体特性アンケート調査

5.1 アンケート調査概要

本研究では、人間の塔における安全確保に関するアンケートの一環として、個人の身体特性を質問した。調査日は2016年4月22日である。被験者アンケートは日本語で作成したものをスペイン語に翻訳し、祭り当日に現地で質問紙を配布、即日回収する方法で実施した。質問紙の調査対象は「サンツ」のメンバーとした。なお、前述のように人間の塔の形状はルールによって決められており、事前の観察およびヒアリングからポジションと個人特性の関係はチームによらず概ね同等であると考え、一つのチームのデータを詳細に分析するものとした。ここでは、ポジションと個人特性の関係を明らかにするためにアンケートの一部データを用いて分析した。

5.1.1 回答者属性

ポジションごとに構成する人数が異なるためサンプル数が異なるが、その場にいたメンバーの大半から回答を得た。表1のように回答数は193件、うちポジション回答不明者を除く177件を有効データとして使用した。ここでは、ポジション分類として、円盤状の最下部の集団であるピーニャをBase、中央の柱部分のトロンクをColumn、最上部のポム・ダ・ダルをTopとして記載する。

表1：回答者の性別とポジション分類

position	male	female	total
①Top	1	13	14
②Column	16	12	28
③Base	69	66	135
total	86	91	177

5.1.2 調査データ

調査データのうち今回の分析に用いたのは、性別、年齢、身長、体重、人間の塔におけるポジションである。

5.2 数量的個人特性データ分析結果

アンケート集計データを元とした分析結果を示す(図11~14)。なお■記号は平均値、そこから両側に伸びる線分(エラーバー)は標準偏差を表す。個別ポジションの表記において、アンケートに合わせ、baseは下からの段数、topは頂上から数えた段数をポジションに付記する。top-1stが頂上、column-1stはトロンクが一番下を示す。なお、グラフの縦軸は、ポジションを上からの段から下の段の順に並べる。

5.2.1 ポジション別の年齢

ポジションごとに年齢、性別が異なることがわかる。Top(ポム・ダ・ダル)は女性の子ども、Column(トロンク)は若年女性および青年男性、Base(ピーニャ)は男女とも幅広い年齢にわたるが、子どもはほとんどいない。トロンク上部は若年女性、下部は青年から中年の男性が占めていることがわかる。対して、ピーニャは多様な年齢、性別で構成されていることがわかる。

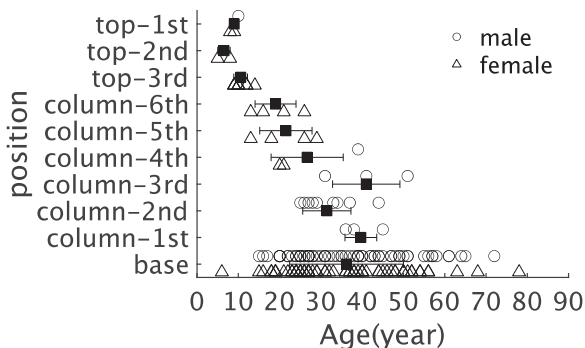


図11：ポジション別の年齢分布

5.2.3 ポジション別の身長

Topは身長が低いが、段ごとに身長に差がある。top-2はtop-1よりも身長が低い。Column上部は身

長が低く、下に行くほど身長が高くなる傾向が見られる。またColumnは段ごとにばらつきが小さいことがわかる。塔では同じ段の人の高さを合わせており、この傾向が読み取れる。結論として、トロンクの上部は身長の小さい人、トロンク下部は身長の大きい人であること、Baseは様々な身長の人で構成されているが確認できた。

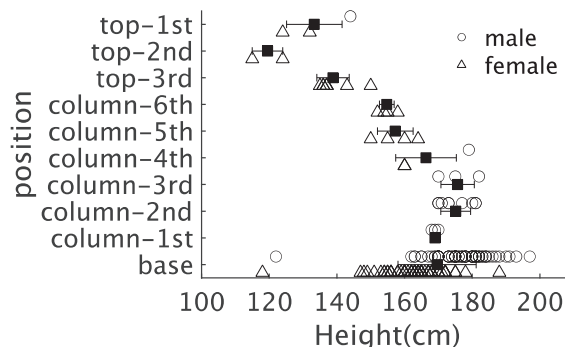


図12：ポジション別の身長分布

5.2.4 ポジション別の体重

Topは体重が軽い。上から2段目のtop-02はtop-01よりも軽い傾向がある。頂上のアンシャネータが2段目をまたぐため、体が小さいことが求められていることと適合する。top-3からその下のColumnでは、段が下がるほど体重が大きくなる傾向がある。このように、人間の塔では上の段ほど体重が小さく、下の段ほど体重が大きいたことがデータ分析において確認された。

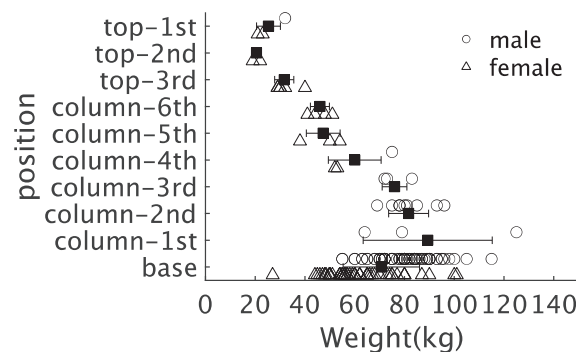


図13：ポジション別の体重分布

5.2.5 ポジション別身長と体重のばらつきと関係

図は体重と身長の関係を示したものである(図14)。体重と身長の関係をより明確化するためにそれぞれの軸を標準化(z化)した軸と実数を合わせて示した。図中の楕円はポジション分類ごとの身長、体重の95%等確率楕円を示す。ポジション分類(Top, Column, Base)、性別ごと、にそれぞれ一

定の範囲に収まっていることから、ポジション分類ごとに類似した身体特性の人が役割を担っていることが明らかになった。また、topにおいては、体重のばらつきは小さいが身長は大きい。これはその役割上、身長よりも体重が軽いことが必要とされているためである。Column男性は身長は小さいのに対して、体重はばらつきが大きいことが明らかになった。Column女性は身長、体重ともにばらつきが小さい。これはトロンクでは同じ段のメンバーの肩の高さを合わせて選出しており、身長が重視されていることが確認できた。Baseは男女ともに身長、体重ともにばらつきが大きい。ピーニャは、様々な役割と求められる身体特性があることが要因であると考えられる。

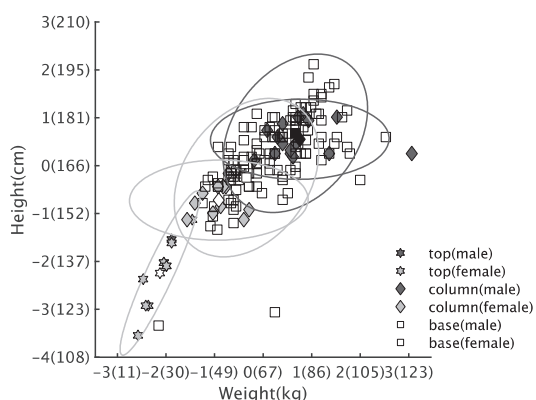


図14：ポジション別身長と体重の関係

6. 荷重分析によるポジションと身体特性の関係

6.1. ポジションごとの 男女別体重

人間の塔の中心を構成するColumnについて、ポジションとそれぞれ人にかかる荷重と分担の視点から人間の塔の成り立ちを考察する。以下はポジションごとの男女別の体重の平均値と標準偏差を表したものである(表2)。ここで、baseはピーニャ、columnは下からのトロンクの階数、topは上からの階数を示している。全体の傾向として上の段ほど体重が軽いことがわかる。該当者なし(NaN)を見るとポジションごとに男女別の役割分担がなされており、Topは(子ども)女性、Column上段は女性、下段は男性であることがわかる。

6.2 ポジションごとの体重

各ポジションの平均値(表2)をもとにトロンクの各段の体重とその人の肩にかかる荷重を算出する。今後の節では、人間の塔を構造的に考えるため、メンバーを上からの順に付番をし、頂上から数えてi

表2：ポジションごとの男女別体重

position	total		male		female	
	M	SD	M	SD	M	SD
①top_1st	25.3	4.8	32.0	0.0	22.0	1.0
②top_2nd	20.5	1.5	NaN	NaN	20.5	1.5
③top_3rd	31.7	3.9	NaN	NaN	31.7	3.9
④column_6th	46.0	3.8	NaN	NaN	46.0	3.8
⑤column_5th	47.3	6.8	NaN	NaN	47.3	6.8
⑥column_4th	60.0	10.6	75.0	0.0	52.5	0.5
⑦column_3rd	76.0	5.0	76.0	5.0	NaN	NaN
⑧column_2nd	81.7	8.0	81.7	8.0	NaN	NaN
⑨column_1st	89.3	26.0	89.3	26.0	NaN	NaN
⑩base	70.7	15.4	79.9	11.3	61.0	

段目の人を P_i 、平均体重を W_i 、 P_i にかかる荷重を N_i とする。ここでは一番典型的な塔のひとつで、一般的に基壇1段の限界と言われているトロンク4本、8段(4 de 8)を例にして検討する(注3)。なお、8段の塔ではトロンクはcolumn_01から05で構成されるため、06のデータを除いて分析する。各段の W_1 から W_8 は、
 $W_1=25, W_2=20, W_3=32, W_4=47, W_5=60, W_6=76, W_7=82, W_8=89$ (kg) となる。

6.3 ポジションごとの肩にうける荷重

基本的には、上の人を体重を下の人が支えるため、各段の荷重は $N_i = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_{i-1}$ となるが、Topの人数や支え方が変則的なことから、人間の塔の現状に合わせて算定する。

Top: top-1はtop-2にまたがる姿勢だが力をほとんどかけず、二人ともtop-3の二人の肩に乗る。このためTopの4人は4本のトロンク荷重を分担するため1/4ずつがかかるとする。よって

$$N_1=0, N_2=0, N_3 = (W_1 + W_2) / 2 = 22.5 \text{ (kg)}$$

Column: Top 4人の合計は4本のトロンクで分担することから

$$N_4 = (W_1 + W_2 + W_3 + W_4) / 4 = 27.25 \text{ (kg)}$$

$$N_5 = N_4 + W_4, N_i = N_4 + W_5 + \dots + W_{i-1} \text{ (} i \geq 6 \text{)}$$

となり $N_5=74.25, N_6=134.25, N_7=210.25, N_8=292.25$ (kg) となる。このように最下段の人(バッシ)は $N_8=292.25$ (kg)、2段目のサゴンスも $N_7=210$ (kg)と理論上200kgを超える荷重を支えなければならない。

6.4 トロンク(バッシ, サゴンス)で荷重を分担するメンバー

前述のようにトロンクの下段の人(バッシ, サゴンス)は非常に大きな荷重を支えなければならない。4.2.1のように人間の塔では、トロンク最下部周辺のメンバーが様々な方法で荷重を分担していること

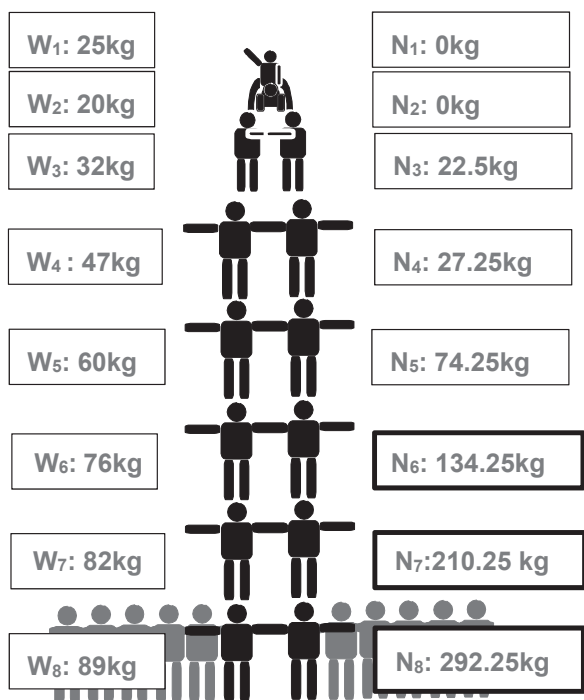


図16：構成する人々の身体重量と荷重
4 de 8 (図中ではトロンク2本のみを表現)

が観察から明らかになった。

最下段のバッシ (N₈=292 kg) 周辺では、背面から腰を引き上げ (コントラフォルト), 左右の脇の下 (クロッサ) からの合計3人がサポートして荷重を分担している。いずれもバッシの腕の下に腕や体を入れバッシの腕を支えることで、背骨と脚への負担を減らしている。

7段目 (下から2段目) のサゴンス (N₇=210kg) においては、正面からアグーリヤにより膝を、真後ろ下からプリメーラス・マンスに臀部を支えられ、さらに腿の側面を斜めからベントが片手・腕で、ラテラルから両手・腕で、合計5人のサポートによって荷重が負担されている。これは脚や膝へのサポートであり、脚への負担は減るが、背骨への荷重は軽減していない。

6.5 トロンクにおける下部での荷重分担

データ分析により、トロンクの最下段の人には非常に大きな荷重がかかることが明らかになった。さらに、その荷重をトロンク周辺の複数の人がサポートして塔が成立していることが推察された。このため、これら最下段の人を支える人の役割について考察する。現地調査から通常ピーニャのみの塔 (基壇が1段) では8段が限界であることが確認できた。ここでは前述の4本のトロンクを持つ4 de 8の塔に

ついて考察を行う。

6.5.1 トロンク (バッシ, サゴンス) の加重分担

4章の現地調査をもとに考えると、バッシにかかる荷重は結果的に以下ののべ8人で支えている。つまり、トロンク最下段のバッシにかかる荷重を分担するために3人がバッシを直接サポートし、また同時に、2段目のサゴンスは5人にサポートされていることで、サゴンスの荷重を分担した分、サゴンスからバッシにかかる荷重が間接的に軽減されているからである。

段ごとの荷重分担について概算し検討する。トロンクを部分的に取り出し成立条件を考える。6段目はピーニャからの支えを受けずに、自身の力のみで上からの力を支え自立している。7段目、8段目ではピーニャのメンバーが支えることで初めて塔が成立すると考える。このため各段が6段目の荷重以下になる荷重分担の条件を考えれば、塔が成立すると考える。この条件となるように周りの人が荷重分担すれば良い。許容荷重をFとすると $F \leq N_6$ となる条件である。7段目の荷重がサポートを受け6段目と同等になるためには、その荷重を分担する差分 ΔF は、

$$\Delta F_7 = N_7 - N_6 (=W_6)$$

を周りの人がサポートすれば良い。また、上の段がサポートされ $F = N_6$ が達成されているとすると、8段目では

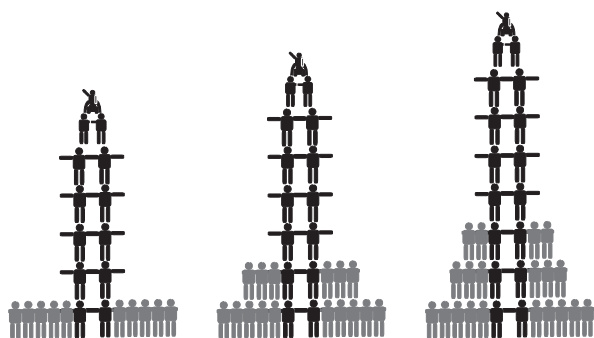
$$\Delta F_8 = N_8 - N_6 - \Delta F_7 = N_8 - N_7 (=W_7)$$

となる。このようにトロンクの7段目、8段目はそれぞれ自分の肩に乗っている人の体重分を周りの人に支えて貰えば良いこととなる。

$$\Delta F_7 = W_6 = 76\text{kg}, \Delta F_8 = W_7 = 82\text{kg}$$

6.5.2 塔の限界段数とベースの段数

前述のように一般的にピーニャのみで作る人間の塔のトロンク4本の段数の限界を8段とする。段を増やす場合、基本的には、ピーニャ (1段目) に加えて、フォルラ (2段目), マニーリヤス (3段目) と円盤状のサポートグループを積み上げてゆくことが知られている。前述の計算と同様に9段の塔を作るためにはベースを2段 (ピーニャとフォルラ) 10段の場合には3段 (ピーニャ, フォルラとマニーリヤス) を作り、それぞれ荷重を分担していると考えられる (図17)。前節仮定が成立すれば、それぞれの段のトロンクのメンバーが支えるのは一つ上の人の



8段：ベース1段 9段：ベース2段 10段：ベース3段

図17：塔の高さとベースの段数

段の体重であり、これをその段のメンバーでサポートする。基壇が4段のものは存在しないが、4段の場合支える基壇の1段目の人のうえに4人が乗ることとなり、このメンバーは成人男性であることを考えると荷重が200kgを超えるなど成立が難しくなるためではないかと推察される。

7. まとめ

本研究での仮説は概ね確認され、以下の点が明らかになった。

7.1 塔の成立要件から見た分担すべき荷重要件

本研究では人間の塔を構築物としてとらえることで、観察調査より、人間の塔を成立させる要件と仕組みを工学的視点から明らかにした。具体的には、観察調査から、観客の距離からの観察ではわからない3つの部分の内部構造およびその成り立ちを明らかにした。また、人間の塔を形成する人を部材としてとらえ、体重、性別、年齢等の定量的分析を行うことで、トロンクにかかる荷重の絶対値および分担方法について明らかにした。特に、一定の仮説のもとに各段でサポートすべき荷重が、トロンクの一つ上の段の体重分であることを示した。

7.2 人間の塔に必要な多様な人材

人間の塔を構成するには、様々な身体的特徴を持つ人が必要であることが明らかになった。老若男女、体が大きい人、小さい人など、上に登れる力がある、人を支える力が強い人など、様々な身体寸法、身体能力をもつ人が必要である。

7.3 部材としての人の適材適所の配置

部材として様々な特徴を持つ人が適材適所に配置されていることが明らかになった。具体的にはトロンク下部では肩で大きな力を支えられる人、トロンク

ク上部では体重が軽めで、高い塔を巧みに登れる人、Topのボム・ダ・ダルは体重ができる限り軽く、高い塔に登ることができる小さい子どもである。このような3段目以上のトロンクの荷重を分担して支えるために最下段（バッシ）では3人、2段目（サゴンス）では様々な体型の5人がサポートしていることが明らかになった。このように、人間の塔では、身体的特徴、様々な年代、性別の人が適切な場所に配置されることが必要であり、これが様々な役割を与え、多様な人の参加を促進する一要因になっていると考えられる。

本研究では、従来、口伝および実技で技術が伝承されてきた人間の塔に工学的視点での詳細な分析を行うことで、塔が成立するための条件およびメカニズムを明らかにした。この結果は、これまで「伝統」や「文化」という表現で片付けられてきてしまった実践に、「科学」との照応性を提示できたことを意味する。こうした「科学的証明」に裏打ちされた経験知を基にした人間の塔は、より一層の自信をもって取り組むことができ、また、本研究の結果自体、経験的な感覚とは異なる形で全体およびポジションごとの技術的改善に寄与するだろう。さらに既往研究で見てきた通り、人間の塔は、これまで伝統的あるいは文化的な実践として文化人類学や歴史学などの視点のみにより考察され、個々の文化の特殊性が強調される傾向にあった。本研究の結果は、構造物という観点から分析し、他の文化的実践に対する分析にも、応用可能な汎用性を提示できたと考える。

謝辞

本研究は早稲田大学人間総合研究センターによる2016～2018年度の研究プロジェクトである。早稲田大学人間科学学術院の西村昭治氏、佐藤将之氏、古山宣洋氏、東北工業大学の畠山雄豪氏との共同研究として実施された。特に佐藤氏と畠山氏には写真の提供を受けた。記して謝する。

参考文献

- (1) Human towers (Intangible cultural heritage) <https://ich.unesco.org/en/RL/human-towers-00364> (2020.9.20).
- (2) Castellers de SANTS <http://www.borinots.cat> (2020.9.20).

- (3) Castellers de Vilafranca
<https://www.castellersdevilafranca.cat>
 (2020.9.20).
- (4) Martí, J. (2020). 竹中宏子訳, カタルーニャの人間の塔における身体, 感情, つながり, 人間科学研究33 (1) 補遺号, 47-59.
- (5) Diversos autors (2017). *Enciclopèdia castellerà 1. Història I: dels antecedents al 1939*, Cossetània Edicions.
- (6) Diversos autors (2017). *Enciclopèdia castellerà 2. Història II: del 1939 al 2016*, Cossetània Edicions.
- (7) Diversos autors (2018). *Enciclopèdia castellerà 3. Tècnica i ciència*, Cossetània Edicions.
- (8) Diversos autors, *Enciclopèdia castellerà 4. Antropologia i sociologia*, Cossetània Edicions, 2019.
- (9) Diversos autors (2019). *Enciclopèdia castellerà 5. La projecció dels castells. Les altres torres humanes*, Cossetània Edicions.
- (10) Manual de supervivència del casteller: La Ciència al servei de les torres humanes. Valls:Cossetània Edicions. (2000).
- (11) “Las torres humanas que desafían a la física y a la Ley de #PRL” ,
<https://www.aepsal.com/torres-humanas/>
 (2020.9.20).
- (12) 岩瀬裕子 (2018). 人間の塔の「歴史」の再解釈: 「衰退期」に注目して, スペイン史研究31, 16-29.
- (13) 岩瀬裕子 (2019). 参加と競争のはざまにおけるテクノロジーをめぐって, ースペイン・カタルーニャ州の人間の塔を事例にー, 国立民族学博物館研究報告44 (1) : 179-231.
- (14) 竹中宏子 (2020). カタルーニャの人間の塔 (Castells) を「支える」スタッフの活動と勧誘システムの民族誌: チーム「サンツ」(Castellers de Sants) を事例に, 人間科学研究, 33 (1) 補遺号, 61-71.
- (15) 加藤麻樹 (2020). 人間の塔にかかる人間科学的考察・事故の危険を伴う集団活動のリスクマネジメント分析, 人間科学研究, 33 (1) 補遺号, 39-46.
- (16) 松田智子, 林真太郎 (2017). 特別活動の体育的行事における「感動」体験についての一考察ースポーツ科学と安全教育の視点からー, プール学院大学研究紀要 第58号, 397~404.
- (17) 松本 禎明・高倉 咲季 (2018). 学校の体育的行事における組体操実施の現状と課題, 九州女子大学紀要 第55巻2号 181-195.

注

- (注1) 人間の塔の「事典」が編纂されたが, 第1, 2巻は「歴史について(その起源から2016年まで)」^(5,6) 第3巻は「技術と科学について」⁽⁷⁾ 第4巻は「人類学と社会学の視点から」⁽⁸⁾ 第5巻は「異なる人間の塔について」⁽⁹⁾ と, 第3巻を除いては歴史や文化人類学の視点の研究が多いことがわかる。
- (注2) 岩瀬は2019年の報告書において, 人間の塔のメンバーが, テクノロジーをどのように活用/拒否しているかについても民族誌を書いているが, 身体の使い方や塔の構造に関する詳述はない。
- (注3) ピーニャのみフォルラなしで作る人間の塔, トロク4本9段フォルラなし (4 de 9 sense folre) も成立例はあるが, 超領域 (gamma extra) と言われる極めて難しい型という扱いであるため, ここでは8段が一般的な限界であるとした。