Vol.2019-CE-149 No.3
2019/3/2

天文講演におけるアンケートのテキストマイニングによる分析

青木成一郎[†1, †2]

概要：天文分野の 3D 立体視映像を使った科学コミュニケーション活動として，小学生から年配の方までを対象に「京都千年天文学街道アストロトーク」を開催している．本活動はこれまで 35 回開催し，2012 年度から毎回参加者にアンケートをとっている．本論文では，アンケートの自由記述欄について KH Coder を用いたテキストマイニングによる分析結果を示す．印象に残った事に関する回答では，講師が強調した内容が参加者へ印象づけられたことを確認できた．また，天文に関して聞きたい話題に関する回答では，話題性が高い年に出現する日食や重力波などの語彙の出現が確認される一方で，ビッグバンやブラックホールなどの普遍的に興味を持たれる語彙も確認することができた．さらに，これらの語彙のつながりから，「太陽系」の「惑星」に興味があるなど，具体的な興味について計量テキスト分析から得られることが分かった．

キーワード：科学コミュニケーション，天文，アンケート，テキストマイニング, KH Coder

Analysis of Questionnaires in Astronomical Lectures by Text Mining

SEIICHIRO AOKI[†1, †2]

Abstract: "Millennium Trail of Astronomy in Kyoto Astro Talk" has been held for children and adults 35 times so far as a scientific communication activity using the 3D stereoscopic astronomical software and movies. From 2012 we have taken questionnaires to participants every time. In this paper, the results of analysis by text mining using KH Coder on the free description field of the questionnaire are shown. In the answer about what remained in the impression, we were able to confirm that the contents emphasized by the instructor was impressed to the participants. Also, in the answer to the topic that you would like to hear on astronomy, while words such as solar eclipse and gravitational waves appearing in the year with high topicality is confirmed, universally interested words such as big bang and black hole are also confirmed. Furthermore, from the connection among these words, information about interests of participants such that "planets" in "the solar system" has been extracted by quantitative text analysis.

Keywords: Science Communication, Astronomy, Questionnaire Analysis, Text Mining, KH Coder

1. はじめに

著者は，京都大学天文台天文普及プロジェクト室や認定 NPO 法人花山星空ネットワークなどの活動として，天文分野の研究によって得られた成果をわかり易く一般向けにツアーや講演の形で普及する，天文学系の科学コミュニケーション活動を行っている[1]．活動の主な内容は，京都天文歴史まちあるきプロジェクト「京都千年天文学街道」[2][3][4][5]と天文 3D 立体視講演「京都大学 4 次元デジタル宇宙シアター」[6][7][8][9]ある．「京都千年天文学街道」は，認定 NPO 法人花山星空ネットワークが主催，京都大学大学院理学研究科附属天文台が共催で 2011 年から開始した活動で，天文歴史まちあるき「京都千年天文学街道ツアー」[10][11]と，「京都大学 4 次元デジタル宇宙シアター」に一般天文講演を組み合わせた「京都千年天文学街道アストロトーク」[12]からなる．「京都千年天文学街道ツアー」では，参加者とともに天文関連史跡へ実際に訪れ，その史跡にまつわる天文観測や現象とその記録に対して，現代天文学研究とどのような関わりがあるかをガイドが説明している．その際に，iPad などの ICT 機器を使用し，関連する画像や動画などのコンテンツを適宜示しながら，説明している．例えば，主要なコースである「明月記コース」では，藤原定家著の日記「明月記」に記された約千年前に現れた客星記録が超新星爆発として同定されていることと，その爆発後の姿である超新星残がいが宇宙線加速の現場として，京都大学などで天文学研究の対象となっていることを説明している．また，「京都千年天文学街道アストロトーク」は，2D 投影で行う天文学分野の一般講演に加え，コンピューター上に仮想的に宇宙空間と時間発展を再現する天体シミュレーター「ミタカ」（国立天文台 4 次元デジタル宇宙プロジェクト提供）[13]と京都大学天文台で独自に制作した 3D 天文動画コンテンツ「Kyoto4D」を組み合わせて行う天文 3D 立体視講演「京都大学 4 次元デジタル宇宙シアター」（通称，4 次元宇宙シアター）からなる．本シアターは「ミタカ」及び「Kyoto4D」の出力映像を，偏光式立体視方式のプロジェクタシステムを通して，立体投影して行っている．なお，本シアターで使用しているコンテンツは，観測データ及び理論モデルを元にしているため，高精度で天体現象や天体の運動を再現し，科学コミュニケーション用のツー

†1 京都情報大学院大学
The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics
†2 京都大学天文台天文普及プロジェクト室
The Astronomical Outreach Project Office, Astronomical Observatories, Kyoto University

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

ルとして秀逸である．著者が解説員として育成した大学院生などが京都大学総合博物館の企画展や特別展及び小学校や生涯学習施設で，科学コミュニケーション活動として本シアターを上映している[14][15][16][17]．「Kyoto4D」コンテンツ作成には，太陽の観測データやシミュレーション結果のデータを使用している．図 1 はその一例で，太陽表面の磁場データを元に磁力線を計算したものである（赤色は N 極，青色は S 極，黄色は磁力線を表す）．立体視映像は，奥行き情報を一瞥で認識することが可能であるため，立体構造の大まかな把握をし易く，研究においても活用されている[18]．また，科学コミュニケーション用途の面では，立体視による印象の強さから，聴衆を講座の内容に引き込みやすい．それは，天文映像に限らず，地形データの可視化についても同様である[19][20]．

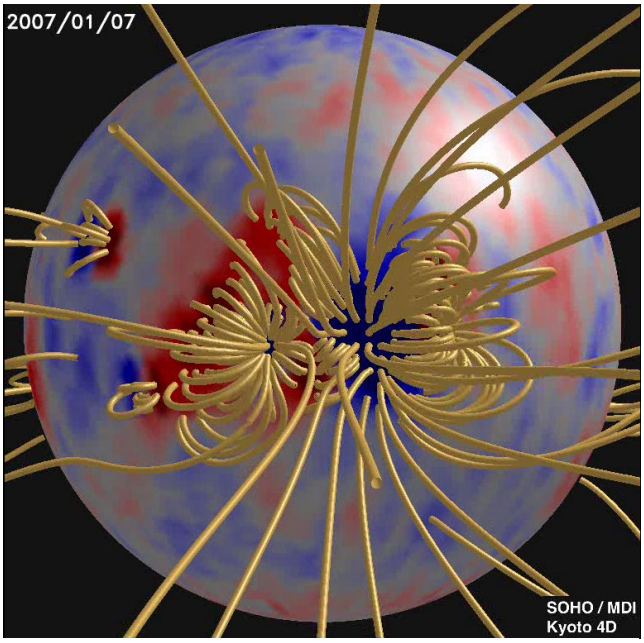


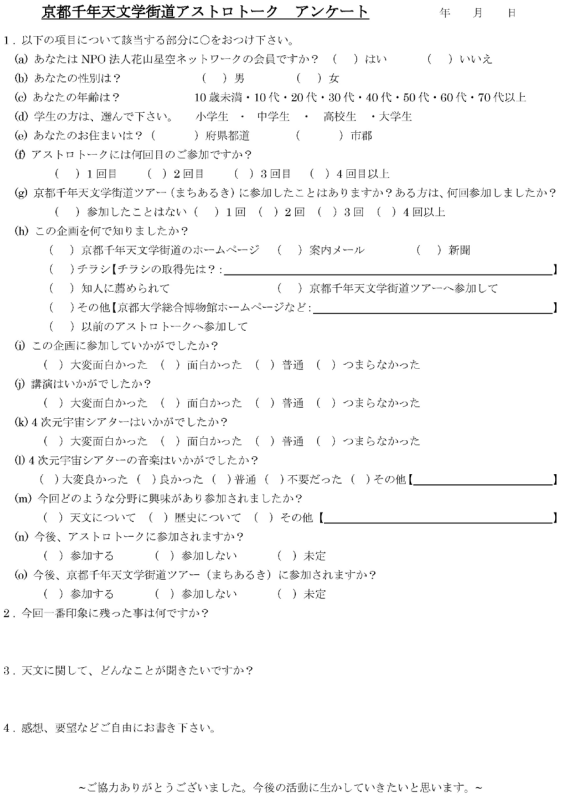
図 1　太陽の磁場構造
SOHO/MDI から得られた太陽表面の磁場データを元に計算した磁場構造である．赤色は N 極，青色は S 極を示し，黄色は磁場データに基づいて計算した磁力線を示す．京都大学天文台で独自に制作した天文 3D 立体視コンテンツ「Kyoto4D」のコンテンツの 1 つである．なお，この図は立体視用動画の左目分の動画をキャプチャしたものである．画像提供は京都大学天文台．

「京都千年天文学街道」では，活動内容の改善や広報手段などの改善を主目的として，参加向けに毎回アンケートを採り，参加者分布（男女，年齢層，居住地域など）や評価などのデータを取得している．また，アンケートには自由欄を設けている．

アンケートの自由記述欄の分析は，これまでは恣意性が含まれにくい分析が困難であったが，近年では，計量テキスト分析による研究（テキストマイニング）とツールの開発が進み，恣意性含まれる可能性が比較的低いテキスト分析が可能となってきた．そのため，これまで採ってきたアンケートについてテキストマイニングを行った．特に，「京都千年天文学街道アストロトーク」で採っているアンケートの自由記述欄について，テキストマイニングを行った結果を，本論文で示す．なお，使用したツールは，社会調査データの分析に多く使われている KH Coder である[21]．

2. アンケートについて

「京都千年天文学街道アストロトーク」は 2011 年から活動を開始した活動で，主に京都大学総合博物館で年に 4-5 回程度の頻度で，現在までに 35 回開催した．アストロトークのアンケートは，広報方法の改善や満足度調査及び次回以降の講演テーマ決定のために採っており，選択方式質問（性別，年齢層，居住地域，企画を知った方法，満足度など）加え，自由記述欄を設けている（図 2）．


京都千年天文学街道アストロトーク　アンケート　　年　月　日

1．以下の項目について該当する部分に○をおつけ下さい。
(a) あなたは NPO 法人花山星空ネットワークの会員ですか？（　）はい　（　）いいえ
(b) あなたの性別は？　（　）男　（　）女
(c) あなたの年齢は？　10 歳未満・10 代・20 代・30 代・40 代・50 代・60 代・70 代以上
(d) 学生の方は、選んで下さい。　小学生　・　中学生　・　高校生　・大学生
(e) あなたのお住まいは？（　）府県都道　（　）市郡
(f) アストロトークには何回目のご参加ですか？
（　）1 回目　（　）2 回目　（　）3 回目　（　）4 回目以上
(g) 京都千年天文学街道ツアー（まちあるき）に参加したことはありますか？ある方は、何回参加しましたか？
（　）参加したことはない（　）1 回　（　）2 回　（　）3 回　（　）4 回以上
(h) この企画を何で知りましたか？
（　）京都千年天文学街道のホームページ　（　）案内メール　（　）新聞
（　）チラシ【チラシの取得先は？：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿】
（　）知人に薦められて　（　）京都千年天文学街道ツアーへ参加して
（　）その他【京都大学総合博物館ホームページなど：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿】
（　）以前のアストロトークへ参加して
(i) この企画に参加していかがでしたか？
（　）大変面白かった　（　）面白かった　（　）普通　（　）つまらなかった
(j) 講演はいかがでしたか？
（　）大変面白かった　（　）面白かった　（　）普通　（　）つまらなかった
(k) 4 次元宇宙シアターはいかがでしたか？
（　）大変面白かった　（　）面白かった　（　）普通　（　）つまらなかった
(l) 4 次元宇宙シアターの音楽はいかがでしたか？
（　）大変良かった（　）良かった（　）普通（　）不要だった（　）その他【＿＿＿＿＿＿＿＿】
(m) 今回どのような分野に興味があり参加されましたか？
（　）天文について　（　）歴史について　（　）その他【＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿】
(n) 今後、アストロトークに参加されますか？
（　）参加する　（　）参加しない　（　）未定
(o) 今後、京都千年天文学街道ツアー（まちあるき）に参加されますか？
（　）参加する　（　）参加しない　（　）未定
2．今回一番印象に残った事は何ですか？

3．天文に関して、どんなことが聞きたいですか？

4．感想、要望などご自由にお書き下さい。

～ご協力ありがとうございました。今後の活動に生かしていきたいと思います。～

図 2　京都千年天文学街道アストロトークでとっているアンケートの用紙画面
性別，年齢層，イベントを知った方法などの選択式質問を 15 問，一番印象に残った事，天文に関して知りたいことなど，自由記述式質問を 3 問設定している．

ここで，選択式質問の一部の集計結果を示す．参加者の性別については，図 3 のように，女性が男性を少し上回るが大きな差は無い．アストロトークは小学生の場合は保護者同伴を参加条件としているため，小学生の参加者の付き

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

添いとして参加している 30 代及び 40 代の母親が多いことが，女性の参加が多い理由の 1 つとなっている．また，参加者の年齢層は，図 4 のように， 70 歳以上が一番多く，それに次いで 60 代が多い．50 代以上が全体の約 57%を占めるため，全体として年齢層が高い．生涯学習教育の一環としての役割は果たしているが，将来の天文学研究者及び愛好家育成のことを見据えると，小学生を主とする若年層（10 歳未満及び 10 代）の参加は全体の約 11%にとどまっているため，もう少し若年層の参加を伸ばしたいところである．

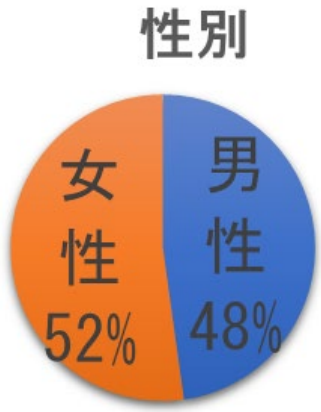


図 3　アストロトーク参加者の性別
女性が男性を少し上回るが，大きな差は無い．

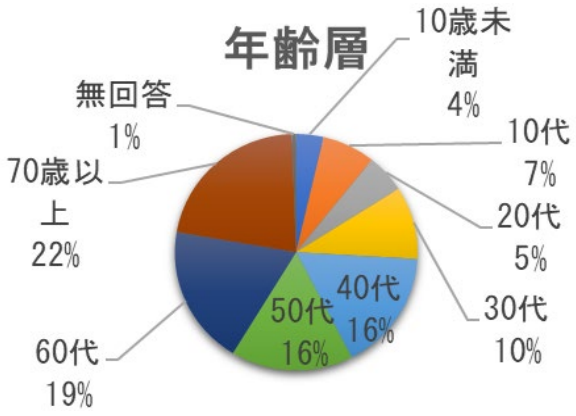


図 4　アストロトーク参加者の年齢層
70 歳以上が一番多く，それに次いで 60 代が多い．50 代以上が全体の約 57%を占める．小学生を主とする 10 歳未満及び 10 代）の参加は全体の約 11%である．

3. アンケートの計量テキスト分析

このアンケートデータを使用して，自由記述欄を対象として分析を行うが，今回分析対象としたのは，次の 2 つの自由記述欄である．

（1）　今回印象に残った事は何ですか？

（2）　天文に関して，どんなことが聞きたいですか？

これらの 2 項目について，年度ごとにまとめ，KH Coder を用いてテキストマイニングを行った．回収したアンケートには，自由記述欄が空白のものもあり，実際に記述されていたアンケートの数などは，表 1 のとおりであり，開催数と参加者数は年度ごとのアストロトーク開催数と参加者数を示す．アンケート回収数とアンケート回収率は，自由記述欄への記述の有無を区別していない．また，（1）及び（2）の回答数は，それぞれ上述の（1）及び（2）の自由記述欄について記述があった回答数である．

表 1　年度ごとのアストロトーク開催及びアンケート回収に関するデータ

年度	開催数	参加者数	アンケート回収数	アンケート回収率（%）	(1)の回答数	(2)の回答数
2012年度	5	148	91	61.5	59	48
2013年度	7	224	180	80.4	117	75
2014年度	5	193	145	75.1	81	49
2015年度	5	194	153	78.9	88	56
2016年度	4	183	116	63.4	82	35
2017年度	4	146	113	77.4	75	49
2018年度	3	50	48	96.0	32	22

KH Coder での計量テキスト分析に先立つ事前処理として，同じものを指す言葉でもばらつきがあるものは，言葉を統一した．例えば，4 次元シアター，4D シアター，4 次元宇宙シアター，シアターは 4 次元宇宙シアターへ統一した．この事前処理を行った上で，全期間のアンケート及び年度ごとのアンケートについて計量テキスト分析を行った．

まず，全期間のアンケートについて，（1）の記述内容を分析した結果を表 2 に示す．これは 7 回以上出現する出現数上位 45 位までの言葉と出現回数である．まず，アストロトークの後半を毎回構成する「4 次元宇宙シアター」は出現回数が多く，印象が強かったと言える．また，アストロトークのテーマとして取り上げることが多い「火星」(5 回)，「太陽」(6 回)，「星座」(6 回）は出現回数も多い（括弧内は取り上げた回数)．「月」は取り上げた回数が 3 回にも関わらず出現回数が多い理由は，テーマとして取り上げてはいないが，毎回 4 次元宇宙シアターで月の説明しているためと考えられる．ただし，「ブラックホール」は 2 回しか取り上げられなかったにもかかわらず出現回数が多く，多く

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

の参加者に強い印象に残ったことから，参加者が興味を持つ天体であることが分かる．また，「作花先生」は前半の講演をほぼ毎回担当している講師の名前である．なお， 4 次元宇宙シアターは著者がほとんどの回を担当している．

表 2　質問欄「今回印象に残った事は何ですか？」で記述された語彙の出現回数（年度ごとの区別無し）．

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
4 次元宇宙シアター	205	位置	9
宇宙	88	影響	9
映像	37	見える	9
地球	33	講演	9
星	32	星座	9
見る	31	多い	9
話	30	太陽フレア	9
銀河	27	天体	9
知る	23	惑星	9
超新星爆発	21	解説	8
火星	20	驚く	8
太陽	20	オリオン座	7
面白い	17	楽しい	7
お話	16	関係	7
大きい	16	興味深い	7
良い	16	構造	7
月	15	作花先生	7
思う	14	子供	7
きれい	13	時代	7
ブラックホール	12	年度	7
歴史	12	美しい	7
画像	10	様子	7
説明	10		

次にこれらの抽出された語彙の間の結びつきを把握するために，共起ネットワークを描いたものが図 5(最小出現数 6，サブグラフ検出）である．円の大きさが大きいほど出現回数が多いことを示す．また，語彙をつなぐ線が太いほど語彙間の結びつきが強いことを示す．ただし，円が重なっていることと語彙の結びつきは関係ない．表 2 での出現回数が多かった語彙は共起ネットワーク（図 5）で確認することができる．例えば「月」は，地上からは見ることができない裏側について知ってもらいたいために講師が毎回 4 次元宇宙シアターで見せながら説明している．テーマで取り上げた回数は少なかったが，共起ネットワークでは左下の「月」と「見る」のつながりが強く印象づけられていることが分かる．実際の記述では，「月の裏側を見られたこと」「月の裏側をみることができたこと」「月のいろいろな面を 3D メガネで見せてもらえた」などがあることから，講師の狙い通り，「月」についての「見た」（見る）ことが強く印象づけられている．左側中央寄りの「太陽」については，「太陽フレア」による「影響」を 4 次元宇宙シアターで講師が強調していることから，参加者の記述でもこれらの語彙の関連の印象が強かったことが分かる．左側上方の「冥王星」については，「惑星」から外されたことに関して説明した回があったために，これらの語彙の関連が強いと考えられる．右下の「オリオン座」と「距離」「位置」とのつながりが表示されているのは，4 次元宇宙シアターでは，毎回，オリオン座を成す星の位置と星座の 3 次元構造を見せながら，恒星間の距離を示しているためと考えられる．実際，「オリオン座の星の位置」「オリオン座の距離」などの記述がある．また，「ベテルギウス」は「オリオン座」を成す恒星であるためことを 4 次元宇宙シアターで示しているために，結びつきが強いと考えられる．

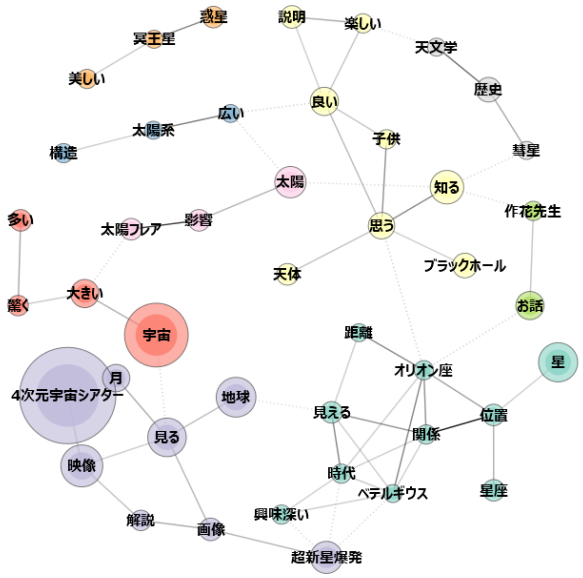


図 5　質問欄「今回印象に残った事は何ですか？」で記述された語彙の共起ネットワーク（サブグラフ検出）
出現回数が大きいほど大きい円で示され，結びつきが強いほど太い線で円が結ばれている．

次に，アストロトークで取り上げたテーマに関するキーワードとアンケート質問欄「今回印象に残った事は何ですか？」で記述された語彙の年度ごとの関連を，対応分析により確認する．対応分析の図を示す前に，アストロトークのテーマの年度ごとのキーワードを表 3 に示す．なお，対応分析の図（図 6，最小出現数 3）中の番号との対応も示している．図 6 で，2013 年度（□2 付近）については下方に「安倍晴明」「超新星爆発」「記録」など， 2014 年度（□3 付近）に関しては右上方に「太陽フレア」「生命」「アインシュタイン」など，2017 年度（□6 付近）については左上方に「夏」「冬」「三角」など，テーマに関するキーワードが現れている．これら以外の年度については，複数の年度

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

のアストロトークで同じテーマのキーワードで講演をしているため，対応分析では年度ごとの判別は困難である．

表 3　アストロトークの年度ごとのテーマに関するキーワード及び対応分析の図との対応

年度	テーマに関するキーワード	対応分析の図との対応
2012 年度	137 億光年，天体ショー，太陽活動，太陽系外縁，地球，彗星	1
2013 年度	安倍晴明，天変の記録，火星，コスミックダスト，ダークマター，超新星爆発，木星，ガリレオ衛星，爆発現象，土星，タイタン，ブラックホール，太陽	2
2014 年度	地球，太陽，太陽フレア，宇宙生命，月，超新星，土星，小惑星，国際光年，アインシュタイン，銀河，星雲	3
2015 年度	火星，冥王星，太陽系外縁，惑星，木星，衛星，クリスマス，金星，春，星空，銀河，銀河団	4
2016 年度	夏，星座，いて座，月，火星，流星群，流れ星，彗星，小惑星，日食，太陽，惑星，木星，土星	5
2017 年度	夏の大三角，星空，水星，金星，かぐや姫，月，冬の大三角，ブラックホール，春，星座，惑星，	6
2018 年度	夏，星空，七夕，火星，小惑星，せいめい，京都，太陽	7

次に，(2) の記述内容について分析する．6 回以上出現する出現数上位 29 位までの言葉については，表 4 のとおりである．出現回数が多い「ブラックホール」と「ビッグバン」は他の講座でも人気が高い．アストロトークでは過去にブラックホールをテーマとして扱ったのは 2 回のみで，ビッグバンについてはテーマとして扱ったことはない．それにも関わらず，これらの語彙が上位に現れていることが計量テキスト分析の結果から分かる．これを年度ごとに分けて見ると， 2015 年度には「重力波」が 3 回出現している．その理由は 2015 年に重力波が発見されたためと考えられる．また，「日食」は回数が少ない（1〜2 回出現）とは言え， 2013 年度と 2016 年度及び 2017 年度に出現している．2013 年度については 2012 年 5 月 21 日に日本で広範囲に見られた金環日食で話題性が持続していたためと考えられる．2016 年度と 2017 年度は 2017 年 8 月 21 日のアメリカ合衆国を横断する皆既日食が話題となったためと考えられる．このように年度ごとに注目される天文関連イベントや発見と連動してアンケートに現れることが確認できる．

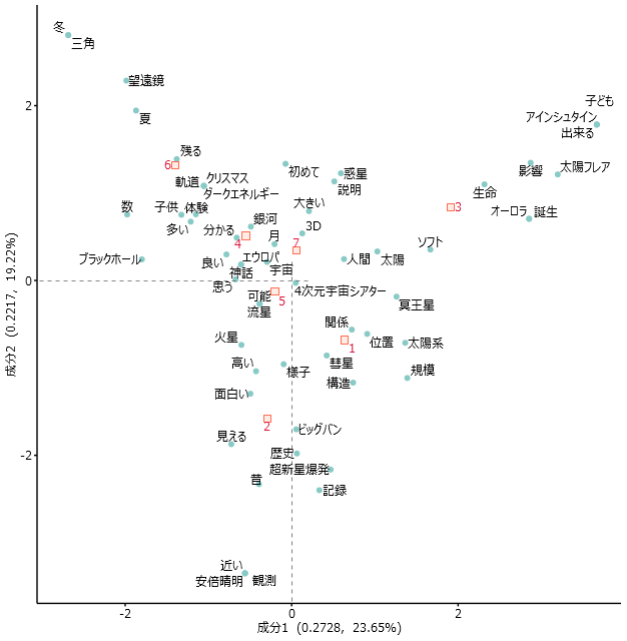


図 6　質問欄「今回印象に残った事は何ですか？」で記述された語彙の対応分析

□1，□2，□3，□4，□5，□6，□7 付近に，それぞれ 2012 年度，2013 年度，2014 年度，2015 年度，2016 年度，2017 年度，2018 年度のアンケートに現れた語彙が位置する．

表 4　質問「天文に関して，どんなことが聞きたいですか？」で記述された語彙の出現回数(年度ごとの区別無し)．

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
宇宙	73	太陽系	12
星	34	話	12
地球	34	今後	11
惑星	24	生命	10
ブラックホール	22	天体	10
知る	22	歴史	9
太陽	21	観測	8
天文	17	思う	8
星座	14	詳しい	8
聞く	14	現象	7
ビッグバン	13	存在	7
銀河	13	年度	7
最新	13	火星	6
研究	12	解説	6
宇宙	73	誕生	6

一方、年度によらず普遍的に現れるのが「ビッグバン」と「ブラックホール」である．ただし，ブラックホールは 2015 年度には出現していない．2015 年はブラックホール合体時に発生した「重力波」が発見された年であるため，話題性から「ブラックホール」の代わりに上記の「重力波」が出

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

現した可能性が考えられる．普遍的な話題性があると漠然と見なされるこれらの語彙も，恣意性が含まれる可能性が低い計量テキスト分析によって，客観的に確認することができる．

次に，(2) に記述された語彙について共起ネットワークの図を作成したものが図 7（最小出現数 3 に設定，サブグラフ検出）である．語彙のつながりから，例えば，以下の興味を持つ参加者がいたことを読み取ることができる．

1. 「太陽系」の「惑星」
2. 「生命」の「存在」
3. 宇宙の「始まり」と「終わり」（終わる）
4. 「ダークマター」や「ダークエネルギー」などの「未知」のもの
5. 「将来」に「火星」へ「移住」すること
6. 「インフレーション」と「ビッグバン」など宇宙の始まり
7. 「彗星」の「衝突」
8. 「最新」の「研究」や「観測」「技術」に興味があってその「情報」の「解説」を求めている

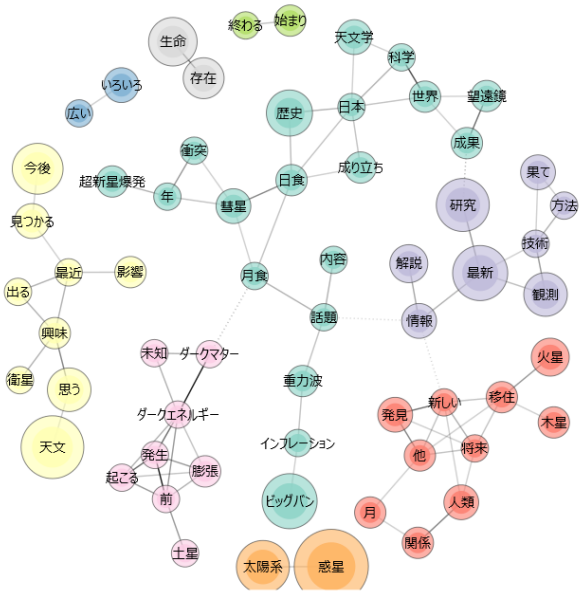


図 7　質問欄「天文に関して，どんなことが聞きたいですか？」で記述された語彙の共起ネットワーク（サブグラフ検出）

出現回数が大きいほど大きい円で示され，結びつきが強いほど太い線で円が結ばれている．

4. アンケートのテキスト分析を踏まえて

今回は，「京都千年天文学街道アストロトーク」で採っているアンケートの自由記述欄に関して計量テキスト分析を行った．(1)「今回印象に残った事は何ですか？」に関しては，講演中に講師が強調した内容が印象づけられていたことを客観的に確認することができた．また，(2)「天文に関して，どんなことが聞きたいですか？」に関する分析では，これまではアンケートの記述内容を調べる際には恣意的な抽出の可能性が避けられなかったが，客観的な分析を元に検討することが，今後のアストロトークのテーマ決定において可能となり，非常に有用である．そのため，今後，計量テキスト分析から得られた出現頻度と語彙間のつながりを踏まえて，テーマ決定の検討資料としたい．また，今回はアストロトークのアンケート分析のみだったが，ツアーで採っているアンケートの分析も今後行いたい．また，アンケートの選択式部分と自由記述部分の記述内容の相関の分析も，将来検討したい．

5. まとめ

「京都千年天文学街道アストロトーク」で採っているアンケートの 2 つの自由記述欄に関してアンケート分析を行った．これまでは恣意的な分析を避けることができなかったが，KH Coder を用いた計量テキスト分析を行い，恣意性が含まれる可能性が低い計量テキスト分析によるテキストマイニングを行うことができた．分析した 2 項目のうち，(1)「今回印象に残った事は何ですか？」に関しては，講師が意図して強調した内容が参加者へ印象づけられていたことが確認でき，(2)「天文に関して，どんなことが聞きたいですか？」に関しては，今後のアストロトークのテーマ決定の客観的な検討材料となることが分かった．　今後は，「京都千年天文学街道ツアー」の自由記述欄の分析や，選択方式部分と自由記述部分の記述内容の相関の分析も行いたい．

参考文献

[1] 独立行政法人 国立科学博物館（編集）．科学コミュニケーションのはじめかた．丸善出版，2017
[2] S, Aoki. “Millennium Trail of Astronomy in Kyoto” Outreach Activity: an Astronomical Walking Tour with Historical Features and Lectures, Book of Proceedings Communicating Astronomy with the Public Conference, 2018, p.220-221
[3] 青木成一郎．京都千年天文学街道　～歴史に興味ある方へもアプローチする天文普及活動～．天文教育，2018，vol.30, no.5, p.26-28
[4] 青木成一郎，京都千年天文学街道．全科協 News, 2018，vol.48, no.5， p.6-8
[5] 青木成一郎. 古の天文観測と現代天文学研究の繋がりを学ぶツアー「京都千年天文学街道」．第 31 回天文教育普及研究会年会集録，2017，p. 138-141.
[6] 青木成一郎．“京都大学 4 次元デジタル宇宙シアター”．あすとろん，2017，vol. 39, p.24-25.
[7] 青木成一郎．“京都大学 4 次元デジタル宇宙シアターによる天文普及活動” ．宇宙ユニットシンポジウム，2017，https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/etc/symp10/short_presen/short_presen_10_61.pdf
[8] 青木成一郎．“京都大学の 4 次元デジタル宇宙シアターにおけるコラボ“．　天文教育普及研究会・近畿支部会, 2015,

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

http://tenkyo．net/shibu/kinki/20151213/
[9]青木成一郎,“京都大学花山天文台での天文教育普及活動＆4 次元デジタル宇宙シアター”. 2015, http://www.museum.kyoto-u.ac.jp/modules/event/content0513.html
[10] NPO 花山星空ネットワーク・京都千年天文学街道ツアー事務局．京都千年天文学街道ツアー．KICC，2012，Spring Issue 9 p. 2-11
[11] 作花一志，青木成一郎．特集：2011 年度近畿支部会報告「京都千年天文学街道ツアー」．天文教育，2012，vol. 24，no. 1, p. 22
[12] 作花一志, 青木成一郎．報告「アストロトーク＠京大博物館」．天文教育，2014，vol. 26, no. 2，p. 35-36
[13] 国立天文台 4 次元デジタル宇宙プロジェクトウェブサイト http://4d2u.nao.ac.jp/t/index.html
[14]“京都大学総合博物館特別展「明月記と最新宇宙像」関連イベント　4 次元デジタル宇宙シアター”　．　2014, http://www.museum.kyoto-u.ac.jp/modules/special/content0044.html
[15]“京都大学総合博物館特別展「京大日食展」関連イベント　4 次元デジタル宇宙シアター”　．2012, http://www.kyoto-u.ac.jp/static/ja/news_data/h/h1/news7/2012/120501_1.htm
[16]“京都大学総合博物館企画展「学術映像博 2009」関連イベント　4 次元デジタル宇宙シアター”　．2009, http://www.kyoto-u.ac.jp/static/ja/news_data/h/h1/news4/2009/091213_1.htm
[17]“京都大学総合博物館企画展「京の宇宙学」関連イベント　4 次元デジタル宇宙シアター”　. 2008, http://www.kyoto-u.ac.jp/static/ja/news_data/h/h1/2008/news7/080408_3.htm
[18] Okumura, J., D. Mineyama, H. Watanabe, T. Nakamura, K. Otsuji, T. Matsumoto, S. I. Aoki, S. Asano and K. Shibata. “Three Dimensional Visualization of the Solar Corona using Soft X-ray Images taken with Yohkoh/SXT and Hinode/XRT”. in The 1st ICSU World Data System Conference, 2011. http://pacocat.com/sun/IGY50. pdf
[19] 青木成一郎, 作花一志．数値データの３Ｄ立体視化の実践と e ラーニングにおける活用の可能性．情報処理学会 情報教育シンポジウム Summer Symposium in Sakura．2017， vol.25, p. 168-171
[20] 青木成一郎，作花一志． 地形データの立体視化の実践. NAIS Journal, 2017, vol.12, p. 3-7
[21] 樋口耕一．「社会調査のための計量テキスト分析」．ナカニシヤ出版，2014

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan