Math.
NO.94
www.sugakukobo.com

会報２００８年３月

数学工房

新教室の１年目に当たって

数学工房が駒込に引っ越して、まもなく１年目になります。去年駒込周辺の見事な桜を新鮮な気持ちで眺めたのはつい昨日の事のような気がします。５月から来年の４月初めまで、また新しいサイクルが始まります。独立以来数学工房を支えてくださった会員の方々に深く感謝致します。

◆ストラビンスキーのプルチネラをききながら

良い仕事ができる時は、作品の中身が自然な音楽的な響きを持っているような気がします。出来合いの音楽とは違い、感覚に響く何物かがあるときに、調和の取れた関係を見出すことが多いように思います。音楽や絵画では、極当たり前のことですが、昔の優れた作品を新たな精神で書き直すことは、数学でも、基本的な稽古法と思います。ただし、数学が目的である限り、よほどでない限りこれを真に受けて、１９世紀前半以前の数学の模倣をしようなどと思わないでください。１９世紀末から２０世紀前半ぐらいのものを勉強したほうが無難でしょう。

ところで私は、数学の講座を作るとき、過去の作品の本質的と思われる部分を再構成し、その構造を明らかにすることを考えています。そのためには、古いものに対しても現代的な記法をためらわず用います。新古典主義と命名される音楽上のスタイルをイメージして作っています。因みにストラビンスキーのプルチネラは１８世紀のイタリアバロックの代表的な作曲家ペルゴージの研究から作られた、絶妙な、声楽と器楽とバレのための作品です。この様にして、数学の技術の型を身につけやすくする自然な、あえて言えば、音楽的な流れを作るわけです。忙しくなってくるといつの間にか、自分本来の数学の稽古のあり方を見失いがちになります。プルチネラを聴きながらふとそんなことを考えました。

◆数学工房の教程について

数学工房の教程は、Mathmatica を解析（狭義の analysis ではない）の思想の自然な流れの中で、理解しつつ、とりわけ十分に普及していない２０世紀数学の抽象の方法を自覚的に使いこなす事を柱にしています。数学の探求すべき法則性は、私たちの前に啓示として立ち現れる（Dasein）のであって、定式化された形式論理の枠に収まるものではありません。私たちにできることは直感として立ち現れた対象の法則性を、できる限り構造的に隅有性によらぬ形で記述することだと思います。無論これらは初めに現れるときは、観測の方法などの特別なスチエイションに依存するので、徐々に本質的な、デリケートな言葉を発見しつつ、理論が徐々に形成されていくわけです。そのような数学のありように対応できる、少なくとも理解できる、楽しむことのできる感性、もっと言えば、身体を徐々に御自分作り上げるお手伝いをすることを数学工房は意図しています。

学校という制度内で伝授される数学と、Mathmatica の間にはかなり大きな隔たりがあり、その間のギャップを型稽古を中心においた演習で埋めるのが数学工房の役割だと考えています。実際、どこどこで何々理論を勉強しました、かくかくしかじかの本を読みました、というのがあまり通用しないことに気づいていらっしゃる皆さんも多いことでしょう。無論、それ以前の勉強が真剣なものであれば、全く無駄ではありません。ある水準を越えると、かつて学んだことの全貌が、突然見えることがあります。また逆に、数学工房で稽古をしたからといって、人にもよりますが、通常は、突然できるようになったと思われることは少ないのではないかと思います。先ず、最初の効果としては、本や論文の式や図を丁寧に読むようになる、見ても違和感がなくなる、あるいは分かるまで待つことを覚える、そんなことでしょう。また、一方では数学の狭義の論理的な精密性のみを主張して Mathimatica という生き物を既存の論理のみで統制できるかのように錯覚していらっしゃる向きもあるようです。このような錯覚を取り除くために、また数学という存在の自然を理解していただくために、入門にもかかわらず、多様な数学をある程度高度なレベルまで対話をしつつ扱うコースも設けています。

◆数学工房の現状と問題およびご協力のお願い

以上の目的を達成するために、現在数学工房では私が一人で教えています。長所は、基礎の手解きから、高度なレベルまで、問題意識の一貫性が保てることです。短所は、会員の様々なニーズに応えられないことです。こういうことをやって欲しいという様々なご希望があるのですが、そもそも、講座を開く空きがありません。せめて複線形で、同時開講できれば、ニーズの問題に部分的には応えら

れるでしょうし、経営的にも安定するのですが、これはすぐにとはいきません。受け皿が小さいということは、受講者数の減少という形で現れ、教室の維持でさえ難しい状態になります。特に、IA、I.D や G、E.A は数学工房の稽古の根幹を成すため、実質通年なのですが、講座登録者数が少ないとそれが１年間に及ぶことになり、経営に如実に影響してくるのです。だからといって講座を増やし過ぎると、講座の質を落としかねないので、それは避けたいと考えています。

また数学工房本来の講座は、平日には受講者があまり見込めません。このため、今のところ平日はほとんど教室を遊ばせているのが現状です。これは不合理極まりないので、よい解決策を模索しています。以上のような状況ですので、経営的には、秋頃から持ち出し状態になっており、常にひやひやどきどきしています。

数学工房は制度上からは一介の私塾に過ぎません。しかも前例の無い性格を持つために、今のところ公的な援助も受けにくい状況です。Mathematica の深い学びを目指す会員の皆さんのご協力、ご助力が頼りです。音楽や演劇その他技芸の世界では、当たり前のことなのですが、こと高等数学にかかわることだけに、かえってやりにくい部分があります。

既に、会報編集、ホームページ(HP)などは、会員のボランテアの皆さんにより、運営、維持されています。新人を獲得しないことには、先細りですので、とりあえずは HP を見やすく、充実することが必要と考えます。ボランティアで手伝っていただいている会員のご協力を得て、一年ほどかけて HP をさらに見やすく、使い勝手の良いものに改変する予定です。春学期から一部の講座ですが、講義報告が載るようになりましたのでご覧ください。数学を本格的に学びたいと言う人がいたら、ぜひ、数学工房をご紹介ください。

また平日、何らかの研究会、お稽古事に利用したいというという会員のグループ、あるいは信用できるお知り合いなどがいらっしゃったら御紹介ください。勝手なお願いですが、以上のような状況から、講座の申し込みはなるべくお早めにお願いします。以上、会員のご理解をいただくために、厚かましいのを承知で現状をのべさせていただきご協力をお願いしました。

◆講座編成の改編について

以上の状況を踏まえ、講座の可動性をよくするために、以下のように講座改編を行いたいと考えております。

（１）通常講座の複線形化

すべての通常講座を複線形にして、受講者数が最低人数を過ぎない場合は、その講座は開講せず、別の講座にあてます。ただし中止した講座の一部は集中セミナー等で取り上げます。詳しくは、講座案内をご参照ください。また予め一覧表を提出して事前アンケートなどもさせていただきますので是非ともご協力ください。例えば解析教程を入門解析教程・基礎解析教程の２つに分けます。前者は従来どおりの解析教程、後者は、純粋に現代的な発展を織り込んだ解析学の標準的な手段を扱ったものになります。

（２）１日タイプの集中セミナー

学期の間に行われる集中セミナーは、従来は２日間に渡るタイプが主力でしたが、１日タイプのコンパクトなセミナーを増やし半々ぐらいにします。

（３）技術的な急所だけ取り上げたワンポイントセミナー

通常講座のほかに、主に技術的な急所だけ取り上げたワンポイントセミナーを考えています。重要事項に焦点を絞り、微積分 0ne point、線形代数・代数 0ne point、トポロジー0ne point、確率・統計 0ne point、解析 0ne point という７０分講座を設けます。原則として、解説・例・練習問題という形になります。この講座は固定せずに、適宜会員の皆さんのご希望を参考にしつつ、数学工房の膨大なトピックスの蓄積から選びます。この講座については原則読みきり、最大限で３回、各回払いを考えています。詳しくは今後の会報、HP のお知らせ、メール等で御連絡します。

内容については、例えば、数直線、連続性の基礎付け、Dedekind 連鎖、上限、下限、凸関数、関数項の級数と一様収束、広義積分、積分記号化の積分、Dominated Convergence Theorem、Fubini の定理、Stone-Weierstrass の近似定理、Arzera の定理、Friedlichs の軟化子、単位の分解などというところです。

（４）数学工房テキスト、講義記録の整理

昔の資料はパソコンに保存していないので、整理すること面倒この上なしですが、やはり１０年以上にわたる各種講義の蓄積は、膨大で、我田引水になりますが、今の立場でリホームすれば、息を吹き返しそうな材料がたくさんあります。記録として価値のあるものはホームページ、会報等で紹介していこうと思います。

2008 年３月１日　桑野耕一

春季集中セミナー案内

2008年4月～5月

（１）線型距離空間・抽象位相とは何だろうか

[日時]　　レベル入門・初級

2008 年 4 月 19 日(土)　14:00-19:00

2008 年 4 月 20 日(日)　10:00-16:00

[内容]

対象を分類し、何らかの位置関係（類縁関係）を定めるというのは、古来学問の基本である。無論、それに精密な、言葉を与えられるようになるには、Cantor

の集合論の創造を待たねばならない。このことによって、単なる配列の定性的な記述が、幾何学化されたのである。今回の、集中では、距離空間とさらに、より微妙な表現である位相の言葉の使い方に、典型的な例を通して、学ぶことにする。

(0)距離空間・距離関数
(1)位相空間の概念
(2)距離空間の位相
(3)連続性線型代数

（２）Matrix Algebra　特異値分解と一般化逆

[日時]　　レベル初・中級

2008 年 4 月 26 日(土)　14:00-19:00
2008 年 4 月 27 日(日)　10:00-16:00

[内容]

線形代数の､実際的な応用の最も重要な部分である。例えば多変量統計学の主要部は分散共分散行列の解析である。今回何人かの会員の要望により特異値・特異ベクトルの、幾何学的な理論を出発点に、diadic expansion、一般化逆とその応用を扱う。

[項目]

(0)準備
　1)Adjoint
　2)対称変換と正射影
(1)線形写像の特異値と特異分解
　1)線形写像の特異値分解（幾何学的理論）
　2)行列の diadic expansion と S.V.D 分解
(2)線形写像のペンローズインバース
　1)線形写像の構造的一般化逆
　2)行列のペンローズインバース
(3)双線形形式の最大原理

（３）線型代数・解析学特論 行列・作用素の微積分

[日時]　　レベル入門・初級

2008 年 5 月 3 日(土)　14:00-19:00
2008 年 5 月 4 日(日)　10:00-16:00

[内容]

Euclid 空間上では、微積分の理論が成立する。したがって、m×n 行列の空間上でも極自然に、微積分の一般論が成立する。微分も、積分も、級数への展開、様々な行列値関数の性質などを取り扱う。

[項目]

(1)行列空間の作用素ノルム 行列値列の級数論
(2)行列値関数の微分法
(3)行列値関数の積分
(4)行列値関数のクラス

（４）対称式と調和多項式

[日時]　　レベルフリー

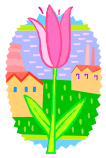
2008 年 5 月 5 日(月)　13:00-18:00

[内容]

群論的解析学の最も初等的な例として、対称群の作用の不変式、すなわち対称式と対称群で生成される、微分作用素環の定める斉次微分方程式の解、調和多項式との関係を取り上げる。Euclid 空間の調和関数と比較しながら学ぶと、いろいろ発見があると思います。

[項目]

(1)対称群と不変式環
(2)基本対称式と対称式の不変定理
(3)調和多項式の概念と基本的な性質
(4)調和多項式の平均値定理



[備考]

２日間の集中セミナー参加費：
会員￥16000（学生￥12000）、非会員￥20000
１日の集中セミナー参加費：
会員￥10000（学生￥8000）、非会員￥15000

夏 学 期 講 座 案 内

2008年5月～8月

現時点で開講予定の講座は､入門 I.A､I.D､I.F､I.B､I.C、I.E、初級 E.A、G、中級 M.A、M.B です。また新機軸として one point 技術講座を設けます。各講座の内容詳細については、ホームページ、E-メール等で別途お知らせいたします。ただし開講予定講座が、定員に満たない場合、開講されない場合もありますのであらかじめご承知おきください。特に通年講座は、原則として８人以上のお申し込みが見込めない場合は開講しません。同じ講座名の下にある他のトピックスに置き換えます。また、学期の単発講座の場合は、３人以上を目安にいたします。そのために、今期から各講座名の元に複数の講座を用意しました。リスト UP した講座の中から、アンケート、前年度講座の状況により開講講座の選定をします。開講されなかった講座からのトピックスは、適宜集中セミナー、あるいは 0ne point 技術セミナーで取り上げます。

◆ one point 技術講座について

重要事項かつ技術的なキイ項目に焦点を絞り、微積分 0ne point、線形代数・代数 0ne point、トポロジー 0ne point、確率・統計 0ne point、解析 0ne point といった７０分講座を設けます。原則として、解説・例・練習問題という形になります。参加料金は、会員 2000 円（非会員 4000 円）です。この講座については、原則読みきり、各回払いになります。下記時間割で、OP と書いてあるところは One point 講座の時間枠です。必ずしも開講されるとは限りません。勉強会、補講等で使われる場合もあります。この講座については、お一人でもやります。数学工房の方から標準メニューを出しますが、この試みは個別のウィークポイントの補強も視野に入れていますので、時間とその方の基礎素養を勘案して、可能ならば、個別注文を受けます。標準メニュー以外の個人レッスンについては、ケースバイケースで料金も含めてご相談に応じます。

<< 夏学期講座一覧 >>

略号	講座名	講座開始日	レベル
I.A	解析教程	5 月 18 日	入門
I.B	解析学への入門	5 月 10 日	入門
I.C	確率論および統計学の数学的基礎概論	5 月 16 日	入門
I.D	初等線形代数と微積分	5 月 11 日	入門
I.E	数学書を読もう	5 月 23 日	入門
I.F	数学の基本語彙と文法	5 月 17 日	入門
E.A	解析学と抽象位相の基礎	5 月 18 日	初級
G	表現と実在	5 月 11 日	初級
M.A	講読と演習	5 月 17 日	中級
M.B	位相・解析学・代数学 総合演習	5 月 10 日	中級

<< 夏学期講座カレンダー >>

月	日	曜日	略号	時　間
5	10	土	OP	11:30-12:40
			M.B1	14:00-16:00
			I.B1	17:00-19:00
	11	日	I.D1	11:00-13:00
			G1	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	15	木	OP	18:50-20:00
	16	金	OP	16:40-17:50
			I.C1	18:30-20:30
	17	土	OP	11:30-12:40
			M.A1	14:00-16:00
			I.F1	17:00-19:00
	18	日	I.A1	11:00-13:00
			E.A1	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	22	木	OP	18:50-20:00
	23	金	OP	16:40-17:50
			I.E1	18:30-20:30
	24	土	OP	11:30-12:40
			M.B2	14:00-16:00
			I.B2	17:00-19:00
	25	日	I.D2	11:00-13:00
			G2	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	29	木	OP	18:50-20:00
	30	金	OP	16:40-17:50
			I.C2	18:30-20:30
	31	土	OP	11:30-12:40
			M.A2	14:00-16:00
			I.F2	17:00-19:00
6	1	日	I.A2	11:00-13:00
			E.A2	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	5	木	OP	18:50-20:00
	7	土	OP	11:30-12:40
			M.B3	14:00-16:00
			I.B3	17:00-19:00
	8	日	I.D3	11:00-13:00
			G3	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	12	木	OP	18:50-20:00
	13	金	OP	16:40-17:50
			I.E2	18:30-20:30
	14	土	OP	11:30-12:40
			M.A3	14:00-16:00
			I.F3	17:00-19:00
	15	日	I.A3	11:00-13:00
			E.A3	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	19	木	OP	18:50-20:00
	20	金	OP	16:40-17:50
			I.C3	18:30-20:30
	21	土	OP	11:30-12:40
			M.B4	14:00-16:00
			I.B4	17:00-19:00
	22	日	I.D4	11:00-13:00
			G4	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	26	木	OP	18:50-20:00
	27	金	OP	16:40-17:50
			I.E3	18:30-20:30
	28	土	OP	11:30-12:40
			M.A4	14:00-16:00
			I.F4	17:00-19:00
	29	日	I.A4	11:00-13:00
			E.A4	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
7	3	木	OP	18:50-20:00
	4	金	OP	16:40-17:50
			I.C4	18:30-20:30

月	日	曜日	略号	時　間
7	5	土	OP	11:30-12:40
			M.B5	14:00-16:00
			I.B5	17:00-19:00
	6	日	I.D5	11:00-13:00
			G5	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	10	木	OP	18:50-20:00
	11	金	OP	16:40-17:50
			I.E4	18:30-20:30
	12	土	OP	11:30-12:40
			M.A5	14:00-16:00
			I.F5	17:00-19:00
	13	日	I.A5	11:00-13:00
			E.A5	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	17	木	OP	18:50-20:00
	18	金	OP	16:40-17:50
			I.C5	18:30-20:30
	19	土	OP	11:30-12:40
			M.B6	14:00-16:00
			I.B6	17:00-19:00
	20	日	I.D6	11:00-13:00
			G6	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	24	木	OP	18:50-20:00
	25	金	OP	16:40-17:50
			I.E5	18:30-20:30
	26	土	OP	11:30-12:40
			M.A6	14:00-16:00
			I.F6	17:00-19:00
	27	日	I.A6	11:00-13:00
			E.A6	14:00-16:30
			OP	17:00-18:10
	31	木	OP	18:50-20:00
8	1	金	OP	16:40-17:50
			I.C5	18:30-20:30
	8	金	OP	16:40-17:50
			I.E6	18:30-20:30

[開催予定講座項目の概要]

I.A　解析教程

入門解析教程Ⅰ－Ⅳ、解析教程補填（基礎篇・発展篇）、トピックス（解析入門）、不等式の楽しみ、複素平面と複素平面の幾何

I.B　解析学への入門

Fourier 解析序説、複素関数論入門、偏微分方程式の考え方、演算子法・超関数入門

I.C　確率論および統計学の数学的基礎概論

確率論および統計学の数学的基礎概論、確率測度概論、多変量解析の数学的基礎

I.D　初等線形代数と微積分

初等線形代数と微積分、Matrix Algebra、直交多項式・直交関数

I.E　数学書を読もう

I.F　数学の基本語彙と文法

数学の基本語彙と文法、代数系入門、自然数の集合論的構成

E.A　解析学と抽象位相の基礎

距離空間と位相空間序説、抽象位相入門、現代解析教程、連続群・群上の測度概論

G　表現と実在

抽象線形代数入門Ⅰ－Ⅲ、標準形、２次形式とその応用（応用線形代数）。Unitary 内積空間と作用素のクラス、特異値分解・一般化逆、線形漸化式・斉次微分方程式・部分分数展開の三位一体、多項式空間と形式冪級数空間

M.A　講読と演習

Hoelmander を読む、複素解析からのトピックス
複素構造と実構造、多変数複素関数論、複素多様体
Weierstrass の準備定理

M.B　位相・解析学・代数学　総合演習
現代ベクトル解析、解析のための多様体序論、抽象測度概論、関数解析・作用素解析

[備考]
各講座とも 1 講座￥30000 (税込)、学生￥21000 (税込)。途中参加の場合、参加回数×￥5000＋￥2000 (テキスト代・手数料)です。お支払方法については事前にお申し出があれば対応しますので御相談下さい。なおテキスト配布の都合上お申込みは早めにお願いします。

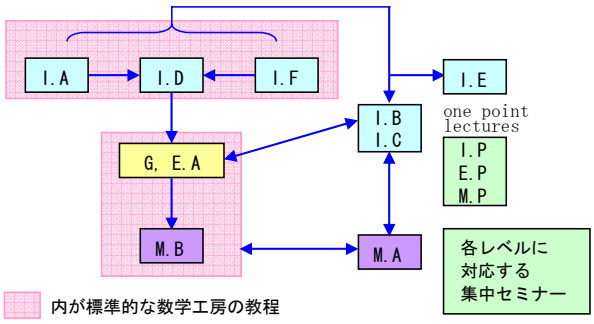


Figure1　講座相関図

数学工房ガイダンス・特別講演会の案内

数学工房ガイダンス

[場所]　駒込教室
[日時]　4 月 12 日(土)
Ⅰ. 新入会員向け　13:30-15:00
Ⅱ. 会員向け　15:30-17:00
[内容]
Ⅰ. 新入会員向けとしては、数学工房の概略・学び、講座の仕組み、08 開講講座に関する説明を行います。またご質問・ご相談も承ります。筆記用具をご持参下さい。新入会の方もご自由にご参加下さい。
Ⅱ. 会員向けとしては、夏学期講座編成、新講座についての説明を行います。また講座選択その他個別のご相談もお受けいたしますので是非この機会をご利用ください。
参加費　無料

教室移転 1 周年特別講義と懇親会

[場所]　駒込教室
[日時]　4 月 13 日(日)
特別講義 13:30-16:30、懇親会 16:50-18:30
[内容]
諏訪紀幸先生（中央大学教授）に「代数学の基本定理をめぐって」という題目でご講演をいただきます。Liouville の定理を用いた証明と高校数学の範囲で収まる証明を読み砕きながら、関連する事項を巡り歩く趣向とのことです。特別講義というよりも先生との対話を通じて数学を楽しんでください。講演終了後、立食式の懇親会を予定しています。
参加費：講演会＋懇親会=4500 円

数 学 工 房 会 員 の 集 い 報 告

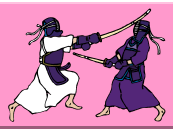
会報編集Gr.自主活動企画　記：坂口

去る 1 月 14 日に、数学工房駒込教室にて会員の集いを行いました。今回の集いでは、桑野先生に加えて外部のお二人の先生をお呼びしてのレクチャーが行われました。扱ったトピックは、(1)「線形空間の複素化の意味と効用」、(2)「数理統計における数学の抽象的方法の意味」の 2 点で、(1) を中央大学の諏訪紀幸先生に、(2) を統計数理研究所の逸見昌之先生に担当していただきました。これらの内容は、事前に募集した会員の質問に答えることを趣旨に構成されたものです。(1) では「複素線型空間をどのようにイメージしたらいいのか？」また、「線型空間の体を複素数に拡張することによって、どのような新しい数学の世界が広がるのか？」についての議論が活発になされ、(2) では抽象的な数学（主として線型代数）が統計学の分野でどのように生かされているか紹介していただきました。さらに、会員の集いの終了後、新年会を兼ねた懇親会が行われ、こちらも盛況のもとに終了いたしました。

Photo1　講演者(左より諏訪先生、逸見先生、桑野先生)

Photo2　新年会第 1 テーブルの皆さん

Photo3　新年会第 2 テーブルの皆さん



入門桑野道場（第５回）

/// 会報編集Gr.自主活動企画（平田、増田、坂口）///

会員の皆様、お元気ですか。今号は再び数学工房会員の半田さんに問題を考えていただきました。半田さんによりますと、この問題には方針の異なる解答がいくつかあるそうです。皆さんふるってご応募ください。

それでは今号の問題です。問題番号は、前号からの通し番号になっています。

問題(8) 次の関係を示せ。

z_1, z_2, z_3 を相異なる同一線上にない３点の複素数とする。この３点からなる三角形 z_1, z_2, z_3 が正三角形であることの必要十分条件は下式を満足することである。

$$z_1^2 + z_2^2 + z_3^2 - z_1 z_2 - z_2 z_3 - z_3 z_1 = 0$$

解答の宛先：kuwanodojo@googlegroups.com

なお解答は可能ならば、WORD か PDF ファイルで送信してください。応募締切日は４月 30 日(水)です。

■■■前号(No. 93)の解答

問題(6) 次の関係式を示せ。

$x^5 = 1$ のとき、

$$\frac{x}{1+x^2} + \frac{x^2}{1+x^4} + \frac{x^3}{1+x} + \frac{x^4}{1+x^3} = 2$$

★解答(6)

$x^5 = 1$ より $x^2 x^3 = x x^4 = 1$ の関係が成り立つことを利用します。

$$I := \frac{x}{1+x^2} + \frac{x^2}{1+x^4} + \frac{x^3}{1+x} + \frac{x^4}{1+x^3}$$

とおきます。

$$\frac{x^2}{1+x^4} = \frac{x^3}{x\left(1+x^4\right)} = \frac{x^3}{x+1}$$

$$\frac{x}{1+x^2} = \frac{x^4}{x^3\left(1+x^2\right)} = \frac{x^4}{x^3+1}$$

上式の関係より、

$$I = 2\left(\frac{x^3}{1+x} + \frac{x}{1+x^2}\right) = 2\frac{x^3\left(1+x^2\right)+(1+x)x}{(1+x)\left(1+x^2\right)}$$

$$= 2\frac{1+x+x^2+x^3}{1+x+x^2+x^3} = 2$$

問題(7) P を複素平面における単位円周上の点、$A_1, A_2, \cdots, A_n$ を単位円に内接する正多角形の頂点とする。このとき、

$$PA_1^4 + PA_2^4 + PA_3^4 + \cdots + PA_n^4$$

は、点 P の位置に無関係に一定の値を取ることを示せ。

★解答(7)

$$A_1(1), A_2\left(\exp\left(\frac{2\pi}{n}i\right)\right), \cdots, A_n\left(\exp\left(\frac{2\pi}{n}(n-1)i\right)\right)$$

として一般性を失いません。距離は回転不変です。

$$\omega := \exp\left(\frac{2\pi}{n}i\right) \quad (n > 2) \qquad P(z), |z| = 1$$

とします。

$$l_4 = \sum_{j=0}^{n-1}\left|z - \omega^j\right|^4 = \sum_{j=0}^{n-1}\left(|z|^2 - 2\left\langle z, \omega^j\right\rangle + \left|\omega^j\right|^2\right)^2$$

$$= 4\sum_{j=0}^{n-1}\left(1 - \left\langle z, \omega^j\right\rangle\right)^2 = 4\sum_{j=0}^{n-1}\left(1 - 2\left\langle z, \omega^j\right\rangle + \left\langle z, \omega^j\right\rangle^2\right)$$

$$= 4n - 8\left\langle z, \sum_{j=0}^{n-1}\omega^j\right\rangle + 4\sum_{j=0}^{n-1}\left\langle z, \omega^j\right\rangle^2$$

ここに、$\langle *, * \rangle$ は、Euclid 内積です。

一方、

$$4\sum_{j=0}^{n-1}\left\langle z, \omega^j\right\rangle^2 = \sum_{j=0}^{n-1}\left(z\overline{\omega^j} + \bar{z}\omega^j\right)^2$$

$$= z^2\sum_{j=0}^{n-1}\overline{\omega^{2i}} + 2n + \overline{z^2}\sum_{j=0}^{n-1}\omega^{2j}$$

また、$x^{2n} - 1 = \left(x^2 - 1\right)\left(x^2 - \omega^2\right)\cdots\left(x^2 - \omega^{2(n-1)}\right)$

から x^{2n} の係数 $= -\sum_{j=0}^{n-1}\omega^{2j} = 0$

$$\therefore \sum_{j=0}^{n-1}\overline{\omega^{2j}} = \overline{\sum_{j=0}^{n-1}\omega^{2j}} = 0$$

したがって、$l_4 = 6n$ 。

自主セミナー活動紹介

名古屋公開講座案内　多項式補間・Taylor 級数の発見

[日時]2008 年 4 月 29 日(火)　　レベル入門

[場所]名古屋市昭和区阿由知通 5-5

SEA 科学教育研究会

[内容]

補間法とは、与えられたデータから、現象をよく近似する関数を決定する最も基本的なアイデアです。数学によって自然を探求するために微積分の発見以前に発生し Newton によって基礎が確立されました。古い数学と思われるかもしれませんがそんなことはありません。現代でも、実際の応用の世界では、コンピューターの発達により、この方法は一層改良され、重要さを増しています。そしてこの考え方の無限小化の中で Taylor 公式は発見されたと言われています。今回は皆さんが学ぶ微積分の背景と諸科学で解析学がどのように使われるかを歴史を遡って理解していきましょう。

[項目]

(1)多項式補間の考え方

(2)Taylor 型補間からベキ級数へ

(3)解析学の基礎付け

[連絡先]

詳細は、SEA 科学教育研究会へお問い合わせください。

TEL:052-852-5578 FAX:052-852-6045

数学工房　2008年3月1日発行

発行人　桑野耕一

編集人　編集Gr.

（平田裕一・増田卓・坂口尚文）

連絡先

オフィス電話：042-495-6632

数学工房連絡専用(携帯)：08065762691

連絡は極力e-メールをご利用下さい。

e-mail：sugakukobo@w5.dion.ne.jp

e-mail：monteverdi2007@erzeb.ne.jp(携帯、緊急用)

ホームページ：

http://www.sugakukobo.com

数学工房 教室

〒170-0003

豊島区駒込1-40-4

全国蕎麦製粉会館2F 202-203

数学工房 オフィス

〒204-0023

清瀬市竹丘1-17-26-401