

# / On Normal Modes Calculation of a Laterally Heterogeneous Earth

- a very efficient new technique for computation of eigenvalue problems -

2/16/81

## III 勝 均 (竹内研)

テキトニクを構造の違いが地球の自由振動に如何なる影響を及ぼすか。という問題は、現在までのところ十分には解かれていません。(主な障壁は計算上の制限にあるもので、理論的な定式化はほとんどされていません)。これは、水平方向に不均質な構造を持つ地球の正規モードを計算する上で非常に有効である方法を開発したので、最も簡単で簡単に得らるる一次元の不均質な弦の振動及び、均質の場合に縮退がある正方形の膜の振動を例にとって、この新しい方法の有用性を説いておこう。

地球の自由振動にせよ、弦の振動にせよ、問題は

$$Hu + P\omega^2 u = 0 \quad , \quad \alpha u + \beta \frac{\partial u}{\partial n} = 0 \quad \text{at boundary.}$$

という Sturm-Liouville 型の固有値問題に帰着する。 $H$  は Lame operator,  $P$  は密度,  $\omega$  は固有周期,  $u$  は固有関数である。不均質性は  $H = H_0 + H_1$ ,  $P = P_0 + P_1$  (以後、"0" は非振動項、"1" は振動項を表すとする) という型で導入され、固有値問題は、固有関数を

$$u_n = \sum_m C_{mn} u_m^{(0)} \quad \left( \int u_m^{(0)*} P_0 u_n^{(0)} = \delta_{mn} \right)$$

のように、均質な場合の解を展開し、その展開係数 ( $C_{mn}$ ) をまとめた問題に帰着する。

Geller & Stein (1978) は、中央に密度と剛性率の不連続があり、他では一様な弦の振動について、 $=R$  及び  $\neq R$  の振動法及び、Rayleigh-Ritz の方法を適用して、R-R 法が適当であると示す。しかし R-R 法では、複雑なモードを解くのに、いつも大変な固有値問題を解かなければならぬため実用的でない。そこで、振動法と反復法を上手く組み合わせた新しい方法を策し、問題についてのモードだけにつけ計算すれば良い点に注目。

2 次の振動法では。

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{nn} = \frac{H_{nn}^{(1)} + (\omega_n^{(0)})^2 P_{nn}^{(1)}}{(\omega_n^{(0)})^2 - (\omega_n^{(1)})^2} \\ C_{nn} = 1 \end{array} \right. \quad (1)$$

$C_{nn}$  が得られる。 $H_{nn}^{(1)} = \int (u_n^{(0)})^* H_1 u_n^{(0)} dv$ ,  $P_{nn}^{(1)} = \int (u_n^{(0)})^* P_1 u_n^{(0)} dv$  (量子力学で良く出でるように)  $u_n^{(0)}$  の直交性から、selection rule ( $=$  または  $\neq$ )  $H_{nn}^{(1)}, P_{nn}^{(1)}$  はある種、 $(n, n)$  の組以外となる。従って (1) で左辺の  $C_{nn}$  は、 $H_{nn}^{(1)}, P_{nn}^{(1)}$  で 0 となる。 $n$  のモードの影響につれて情報を持たなくなってしまい、これが G-S の論文でこの方法が無効な点の原因と考えられる。(図 1 で 2 列目を見ると、中心 ( $n$ ) から係数は必ず 0 のモードの係数は 0 になっている)。 $\neq$  の selection rule を満たすと 1 の意味を含めて、 $\neq$  のような方法を考えた。

$$C_{nn}^{(k+1)} = \frac{\sum_i (H_m^{(k)} + (\omega_n^{(k)})^2 F_m) C_{ni}^{(k)}}{(\omega_m^{(0)})^2 - (\omega_n^{(k)})^2} \quad (2)$$

$$C_{nn}^{(k+1)} = C_{nn}^{(k)}, \quad \omega_n^{(k)} : \text{Rayleigh 商}, \quad C_{nn}^{(0)} = \delta_{nn}$$

結果が図1, 2 である。1回目の反復で得られる  $C_{nn}^{(0)}$  は (1) と一致するが、この方法で、2次の振動法の計算上にあることわかる。

計算に当たっては、初期の  $\omega_m^{(0)}$  から 21 のモード (= 112, 302, 492, 682, 872, 1062, 1252, 1442, 1632, 1822, 2012) を考慮に入れる。2回目は 112 より 3回目の反復で収束している。(= 131, 211, 291, 371, 451, 531, 611, 691, 771, 851, 931, 1011, 1091, 1171, 1251, 1331, 1411, 1491, 1571, 1651, 1731, 1811, 1891, 1971, 2051, 2131, 2211, 2291, 2371, 2451, 2531, 2611, 2691, 2771, 2851, 2931, 3011, 3091, 3171, 3251, 3331, 3411, 3491, 3571, 3651, 3731, 3811, 3891, 3971, 4051, 4131, 4211, 4291, 4371, 4451, 4531, 4611, 4691, 4771, 4851, 4931, 5011, 5091, 5171, 5251, 5331, 5411, 5491, 5571, 5651, 5731, 5811, 5891, 5971, 6051, 6131, 6211, 6291, 6371, 6451, 6531, 6611, 6691, 6771, 6851, 6931, 611, 711, 721, 731, 741, 751, 761, 771, 781, 791, 801, 811, 821, 831, 841, 851, 861, 871, 881, 891, 901, 911, 921, 931, 941, 951, 961, 971, 981, 991, 1001, 1011, 1021, 1031, 1041, 1051, 1061, 1071, 1081, 1091, 1101, 1111, 1121, 1131, 1141, 1151, 1161, 1171, 1181, 1191, 1101, 1111, 1121, 1131, 1141, 1151, 1161, 1171, 1181, 1191, 1201, 1211, 1221, 1231, 1241, 1251, 1261, 1271, 1281, 1291, 1301, 1311, 1321, 1331, 1341, 1351, 1361, 1371, 1381, 1391, 1401, 1411, 1421, 1431, 1441, 1451, 1461, 1471, 1481, 1491, 1501, 1511, 1521, 1531, 1541, 1551, 1561, 1571, 1581, 1591, 1601, 1611, 1621, 1631, 1641, 1651, 1661, 1671, 1681, 1691, 1701, 1711, 1721, 1731, 1741, 1751, 1761, 1771, 1781, 1791, 1801, 1811, 1821, 1831, 1841, 1851, 1861, 1871, 1881, 1891, 1901, 1911, 1921, 1931, 1941, 1951, 1961, 1971, 1981, 1991, 2001, 2011, 2021, 2031, 2041, 2051, 2061, 2071, 2081, 2091, 2101, 2111, 2121, 2131, 2141, 2151, 2161, 2171, 2181, 2191, 2101, 2111, 2121, 2131, 2141, 2151, 2161, 2171, 2181, 2191, 2201, 2211, 2221, 2231, 2241, 2251, 2261, 2271, 2281, 2291, 2301, 2311, 2321, 2331, 2341, 2351, 2361, 2371, 2381, 2391, 2401, 2411, 2421, 2431, 2441, 2451, 2461, 2471, 2481, 2491, 2501, 2511, 2521, 2531, 2541, 2551, 2561, 2571, 2581, 2591, 2601, 2611, 2621, 2631, 2641, 2651, 2661, 2671, 2681, 2691, 2701, 2711, 2721, 2731, 2741, 2751, 2761, 2771, 2781, 2791, 2801, 2811, 2821, 2831, 2841, 2851, 2861, 2871, 2881, 2891, 2901, 2911, 2921, 2931, 2941, 2951, 2961, 2971, 2981, 2991, 3001, 3011, 3021, 3031, 3041, 3051, 3061, 3071, 3081, 3091, 3101, 3111, 3121, 3131, 3141, 3151, 3161, 3171, 3181, 3191, 3201, 3211, 3221, 3231, 3241, 3251, 3261, 3271, 3281, 3291, 3301, 3311, 3321, 3331, 3341, 3351, 3361, 3371, 3381, 3391, 3401, 3411, 3421, 3431, 3441, 3451, 3461, 3471, 3481, 3491, 3501, 3511, 3521, 3531, 3541, 3551, 3561, 3571, 3581, 3591, 3601, 3611, 3621, 3631, 3641, 3651, 3661, 3671, 3681, 3691, 3701, 3711, 3721, 3731, 3741, 3751, 3761, 3771, 3781, 3791, 3801, 3811, 3821, 3831, 3841, 3851, 3861, 3871, 3881, 3891, 3901, 3911, 3921, 3931, 3941, 3951, 3961, 3971, 3981, 3991, 4001, 4011, 4021, 4031, 4041, 4051, 4061, 4071, 4081, 4091, 4101, 4111, 4121, 4131, 4141, 4151, 4161, 4171, 4181, 4191, 4201, 4211, 4221, 4231, 4241, 4251, 4261, 4271, 4281, 4291, 4301, 4311, 4321, 4331, 4341, 4351, 4361, 4371, 4381, 4391, 4401, 4411, 4421, 4431, 4441, 4451, 4461, 4471, 4481, 4491, 4501, 4511, 4521, 4531, 4541, 4551, 4561, 4571, 4581, 4591, 4601, 4611, 4621, 4631, 4641, 4651, 4661, 4671, 4681, 4691, 4701, 4711, 4721, 4731, 4741, 4751, 4761, 4771, 4781, 4791, 4801, 4811, 4821, 4831, 4841, 4851, 4861, 4871, 4881, 4891, 4901, 4911, 4921, 4931, 4941, 4951, 4961, 4971, 4981, 4991, 5001, 5011, 5021, 5031, 5041, 5051, 5061, 5071, 5081, 5091, 5101, 5111, 5121, 5131, 5141, 5151, 5161, 5171, 5181, 5191, 5201, 5211, 5221, 5231, 5241, 5251, 5261, 5271, 5281, 5291, 5301, 5311, 5321, 5331, 5341, 5351, 5361, 5371, 5381, 5391, 5401, 5411, 5421, 5431, 5441, 5451, 5461, 5471, 5481, 5491, 5501, 5511, 5521, 5531, 5541, 5551, 5561, 5571, 5581, 5591, 5601, 5611, 5621, 5631, 5641, 5651, 5661, 5671, 5681, 5691, 5701, 5711, 5721, 5731, 5741, 5751, 5761, 5771, 5781, 5791, 5801, 5811, 5821, 5831, 5841, 5851, 5861, 5871, 5881, 5891, 5891, 5901, 5911, 5921, 5931, 5941, 5951, 5961, 5971, 5981, 5991, 6001, 6011, 6021, 6031, 6041, 6051, 6061, 6071, 6081, 6091, 6101, 6111, 6121, 6131, 6141, 6151, 6161, 6171, 6181, 6191, 6101, 6111, 6121, 6131, 6141, 6151, 6161, 6171, 6181, 6191, 6201, 6211, 6221, 6231, 6241, 6251, 6261, 6271, 6281, 6291, 6301, 6311, 6321, 6331, 6341, 6351, 6361, 6371, 6381, 6391, 6401, 6411, 6421, 6431, 6441, 6451, 6461, 6471, 6481, 6491, 6501, 6511, 6521, 6531, 6541, 6551, 6561, 6571, 6581, 6591, 6601, 6611, 6621, 6631, 6641, 6651, 6661, 6671, 6681, 6691, 6701, 6711, 6721, 6731, 6741, 6751, 6761, 6771, 6781, 6791, 6801, 6811, 6821, 6831, 6841, 6851, 6861, 6871, 6881, 6891, 6891, 6901, 6911, 6921, 6931, 6941, 6951, 6961, 6971, 6981, 6991, 7001, 7011, 7021, 7031, 7041, 7051, 7061, 7071, 7081, 7091, 7101, 7111, 7121, 7131, 7141, 7151, 7161, 7171, 7181, 7191, 7101, 7111, 7121, 7131, 7141, 7151, 7161, 7171, 7181, 7191, 7201, 7211, 7221, 7231, 7241, 7251, 7261, 7271, 7281, 7291, 7301, 7311, 7321, 7331, 7341, 7351, 7361, 7371, 7381, 7391, 7401, 7411, 7421, 7431, 7441, 7451, 7461, 7471, 7481, 7491, 7501, 7511, 7521, 7531, 7541, 7551, 7561, 7571, 7581, 7591, 7601, 7611, 7621, 7631, 7641, 7651, 7661, 7671, 7681, 7691, 7691, 7701, 7711, 7721, 7731, 7741, 7751, 7761, 7771, 7781, 7791, 7801, 7811, 7821, 7831, 7841, 7851, 7861, 7871, 7881, 7891, 7891, 7901, 7911, 7921, 7931, 7941, 7951, 7961, 7971, 7981, 7991, 8001, 8011, 8021, 8031, 8041, 8051, 8061, 8071, 8081, 8091, 8091, 8101, 8111, 8121, 8131, 8141, 8151, 8161, 8171, 8181, 8191, 8191, 8201, 8211, 8221, 8231, 8241, 8251, 8261, 8271, 8281, 8291, 8291, 8301, 8311, 8321, 8331, 8341, 8351, 8361, 8371, 8381, 8391, 8391, 8401, 8411, 8421, 8431, 8441, 8451, 8461, 8471, 8481, 8491, 8491, 8501, 8511, 8521, 8531, 8541, 8551, 8561, 8571, 8581, 8591, 8591, 8601, 8611, 8621, 8631, 8641, 8651, 8661, 8671, 8681, 8691, 8691, 8701, 8711, 8721, 8731, 8741, 8751, 8761, 8771, 8781, 8791, 8791, 8801, 8811, 8821, 8831, 8841, 8851, 8861, 8871, 8881, 8891, 8891, 8901, 8911, 8921, 8931, 8941, 8951, 8961, 8971, 8981, 8991, 9001, 9011, 9021, 9031, 9041, 9051, 9061, 9071, 9081, 9091, 9091, 9101, 9111, 9121, 9131, 9141, 9151, 9161, 9171, 9181, 9191, 9191, 9201, 9211, 9221, 9231, 9241, 9251, 9261, 9271, 9281, 9291, 9291, 9301, 9311, 9321, 9331, 9341, 9351, 9361, 9371, 9381, 9391, 9391, 9401, 9411, 9421, 9431, 9441, 9451, 9461, 9471, 9481, 9491, 9491, 9501, 9511, 9521, 9531, 9541, 9551, 9561, 9571, 9581, 9591, 9591, 9601, 9611, 9621, 9631, 9641, 9651, 9661, 9671, 9681, 9691, 9691, 9701, 9711, 9721, 9731, 9741, 9751, 9761, 9771, 9781, 9781, 9791, 9801, 9811, 9821, 9831, 9841, 9851, 9861, 9871, 9881, 9891, 9891, 9901, 9911, 9921, 9931, 9941, 9951, 9961, 9971, 9981, 9981, 9991, 10001, 10011, 10021, 10031, 10041, 10051, 10061, 10071, 10081, 10091, 10091, 10101, 10111, 10121, 10131, 10141, 10151, 10161, 10171, 10181, 10191, 10191, 10201, 10211, 10221, 10231, 10241, 10251, 10261, 10271, 10281, 10291, 10291, 10301, 10311, 10321, 10331, 10341, 10351, 10361, 10371, 10381, 10391, 10391, 10401, 10411, 10421, 10431, 10441, 10451, 10461, 10471, 10481, 10491, 10491, 10501, 10511, 10521, 10531, 10541, 10551, 10561, 10571, 10581, 10591, 10591, 10601, 10611, 10621, 10631, 10641, 10651, 10661, 10671, 10681, 10691, 10691, 10701, 10711, 10721, 10731, 10741, 10751, 10761, 10771, 10781, 10781, 10791, 10801, 10811, 10821, 10831, 10841, 10851, 10861, 10871, 10881, 10881, 10891, 10901, 10911, 10921, 10931, 10941, 10951, 10961, 10971, 10981, 10981, 10991, 11001, 11011, 11021, 11031, 11041, 11051, 11061, 11071, 11081, 11091, 11091, 11101, 11111, 11121, 11131, 11141, 11151, 11161, 11171, 11181, 11191, 11191, 11201, 11211, 11221, 11231, 11241, 11251, 11261, 11271, 11281, 11291, 11291, 11301, 11311, 11321, 11331, 11341, 11351, 11361, 11371, 11381, 11381, 11391, 11401, 11411, 11421, 11431, 11441, 11451, 11461, 11471, 11481, 11481, 11491, 11501, 11511, 11521, 11531, 11541, 11551, 11561, 11571, 11581, 11591, 11591, 11601, 11611, 11621, 11631, 11641, 11651, 11661, 11671, 11681, 11691, 11691, 11701, 11711, 11721, 11731, 11741, 11751, 11761, 11771, 11781, 11781, 11791, 11801, 11811, 11821, 11831, 11841, 11851, 11861, 11871, 11871, 11881, 11891, 11891, 11901, 11911, 11921, 11931, 11941, 11951, 11961, 11971, 11971, 11981, 11991, 11991, 12001, 12011, 12021, 12031, 12041, 12051, 12061, 12071, 12081, 12081, 12091, 12101, 12111, 12121, 12131, 12141, 12151, 12161, 12171, 12181, 12181, 12191, 12201, 12211, 12221, 12231, 12241, 12251, 12261, 12271, 12281, 12281, 12291, 12301, 12311, 12321, 12331, 12341, 12351, 12361, 12371, 12371, 12381, 12391, 12391, 12401, 12411, 12421, 12431, 12441, 12451, 12461, 12471, 12471, 12481, 12491, 12491, 12501, 12511, 12521, 12531, 12541, 12551, 12561, 12571, 12581, 12581, 12591, 12601, 12611, 12621, 12631, 12641, 12651, 12661, 126

川勝均

1981. 2. 10

昭和55年度地球物理学修士論文発表会

No. 1

下記のようく修士論文発表会を開きますので御出席下さい。

日 時： 昭和56年2月16日(月), 17日(火) 9:00 ~

場 所： 理学部3号館 326号室(地球物理大講義室)

- 発表時間は質疑応答を含め1人30分です。
- 発表者は当日配布するアブストラクトを40部用意して下さい。
- 発表論文は3月7日(土)まで2部(生徒,指導教官)に提出して下さい。  
尚、17日発表会終了後、課程会議を行います。

2月16日(月)

9:00 ~ 11:30

1. 羽田 亨 : Cigar-like pitch angle anisotropy in the plasma sheet

2. 早川 基 : Statistical Characteristics of Plasma Flow in the Magnetotail

1. 大塚 聖 : 磁気圏-電離圏結合系における局所化磁気流体振動

2. 山本達人 : Pulsating Aurora の時間的, 空間的構造

3. 門倉真二 : ヘリウム 10830Å 大気光の研究

13:00 ~ 16:00

4. 大山 素宏 : タブルレヤーによるオーロラ電子加速のシミュレーション実験

5. 杉原光彦 : マントルブルーフの流体力学モデル

6. 川勝均 : On normal modes calculation of a laterally heterogeneous earth

7. 此屋根肇 : Studies on partition of rare gases between crystal and melt

8. 日置幸介 : Paleomagnetic study of ancient secular variation in Japan during the last 40,000 years

9. 横山正彦 : 深井戸用傾斜計の開発と基礎的観測.

2月 17日 (火)

9:00 ~ 11:30

10. 瀬川律子: 1980年伊豆半島東方沖群発地震の震源分布とスペクトル
11. 小川卓司: 伊豆半島北部におけるレーリー波の位相速度
12. 松本 岡: 西太平洋における海溝と海山との相互作用
13. 夏目善弘:
  - 微小不均質媒質の自由振動問題とその realistic earth model との比較
  - 弯曲構造異方性を有する弾性媒質の振動
14. 萬納寺信宗: 山谷風の数値実験

13:00 ~ 14:00

15. 加藤内蔵進: 日本海における大気と海洋の熱收支 -季節変化-
16. 川崎清: 界面に沿った水の貫入現象

14:00 ~ 16:00

課程会議議題

1. 博士課程入学予定者の決定  
(学外からの受験者 2名を含む)
2. 56年度大学院入試委員の選定
3. 56年度、地球物理学特別輪講、担当教官割当について
4. 博士課程学生の研究指導委託について
5. その他

課程主任

小嶋 稔一