

論 文

현저한 해안 위치를 절점으로 선정하는 디지털 해도에서의 해안선 데이터 압축

임정빈* · 고광섭* · 최낙현**

On the Coastline Data Compression in Digital Chart Selecting Conspicuous
Coast Positions as Node Points

Jeongbin Yim · Kwangsoob Ko · Naghyeon Choi

<목	차>
Abstract	3. 실험
1. 서론	3.1 해안선 데이터의 변환
2. 데이터 압축 이론의 전개	3.2 해안선 데이터 압축 결과
2.1 절점 위치 선정	4. 결론
2.2 절점의 보간	참고문헌

Abstract

Since the digital chart consists of a large number of points, the effective method for the coastline data compression(CDC), storing the data compactly and reproducing the coastline feature accurately, is important. In the CDC, the key technique is to determine the optimal positions as node points in given coastlines. In this paper, a new CDC method, selecting node points with conspicuous coast position in the view point of navigation and adopting spline interpolation to the nodes partly, is proposed. Using the northern part of KEOJE-DO coastline in Korean chart No.204, CDC experiments are carried out with various compression ratio. The results for the influence of coastline shape according to various CDC methods are discussed and presented.

* 해군사관학교 교수부 항해운용학과

** 해군사관학교 교수부 병포학과

“이 연구는 1997년도 해군 해양연구소 지원에 의해 수행된 것임.”

1. 서 론

최근, 종이 해도(paper chart)의 정보를 디지털 신호(digital signal)로 변환하여 화면에 표시하는 디지털 해도(digital chart)가 연구 개발되고 있다. 이러한 디지털 해도는 전자 해도 표시 및 정보 시스템(Electronic Chart Display and Information System, ECDIS)의 기본 구성 요소가 된다. 해안선(coastline)은 해도를 구성하는 가장 기본적이고 중요한 정보이다. 디지털 해도에서는, 종이 해도에 표시된 해안선의 경위도 위치를 일정한 공간 거리 간격으로 샘플링한 후, 수치화된 데이터 베이스로 구성하여, 임의의 구역에서, 임의의 척도로, 희망하는 투영법에 의해서 해안선을 발생시킨다. 일반적으로 해안선과 같이 복잡한 형태를 점(point)의 집합으로 기억하는 것은 대규모 메모리와 긴 처리 시간을 필요로 하기 때문에, 적은 수의 데이터로 원래의 해안선 형태를 그대로 유지할 수 있는 방법의 개발이 요구되고 있다. 원래의 데이터 수 보다 적은 수의 데이터를 이용해서 해안선 형태를 충실히 재생하는 것을 해안선 데이터 압축이라 한다. 그리고, 해안선 데이터 압축은, 점의 형태로 저장된 경위도 데이터를 직선이나 곡선으로 연결하여 해안선을 구성하는 보간(interpolation)을 포함한다[1~3].

현재까지 연구 및 개발된 디지털 해도에서는, 해안선 데이터의 샘플링 간격을 종이 해도의 축척(scale)에 따라 일정하게 조절하고, 데이터 점 사이를 단순히 직선으로 연결하는 압축 방법[4~6]이 일반적이다. 그리고, 등간격으로 샘플링한 해안선 데이터 점을 절점(node)으로 하여 n 차 다항식의 곡선으로 매끄럽게 연결하는 압축 방법[7],[8]도 제안되고 있다. 여기서, 항해를 고려하는 경우, 해도에 표시되어 있는 Cape, Point, Headland, Head 등은 해안선 특징이 현저하여 항해할 때 위치 기점으로 사용되기 때문에 다른 위치에 우선하여 정밀도 높게 디지털 해도에 표시되어야 한다. 그러나, 위에서 기술한 기존 해안선 데이터 압축 방법들은, 원래 해안선과 압축한 해안선 사이의 거리 오차만이 최소가 되도록 데이터를 압축하기 때문에, 위치

기점으로 사용되는 지점을 충실하게 재현할 수 없는 문제점이 있다.

이 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 특징이 현저한 해안선을 소수의 데이터로서 우선 재현할 수 있고, 선정된 절점에 스프라인 보간을 적절히 적용하므로써, 원래 해안선과의 오차를 최소화할 수 있는 새로운 데이터 압축 방법을 제안하였다. 제안한 방법은, 거제도 북부 해안선을 대상으로 압축 실험을 하고, 기존의 데이터 압축 방법과 비교하여 유용성을 평가하였다.

2. 데이터 압축 이론의 전개

2.1 절점 위치 선정

M 개의 해안선 데이터의 점, $P_j(x, y)$ ($j=1, 2, \dots, M$)로 구성되는 x - y 평면상의 선도형은 $y=f(x)$, $x=f(y)$ 와 같이 일가 함수(one-valued function)로서 표현할 수 없기 때문에 편리한 데이터 처리를 위하여 $P_j(x, y)$ 를 다음 식(1)과 같이 데이터 번호 j 에 대한 일가 함수로 분리한다.

$$\left. \begin{array}{l} x_j = P_j(x) \\ y_j = P_j(y) \end{array} \right\}, (j=0, 1, 2, \dots, M) \dots\dots\dots (1)$$

x_j : 경도 좌표 값에 대한 일가 함수

y_j : 위도 좌표 값에 대한 일가 함수

j : 데이터 번호

M : 데이터의 수

식(1)의 x_j 의 요소를 $x_0, x_1, x_2, \dots, x_M$ 로 나타내고, y_j 의 요소를 $y_0, y_1, y_2, \dots, y_M$ 으로 나타내어, x_j 와 y_j 요소 사이의 차, dx_j 와 dy_j ,

$$\left. \begin{array}{l} dx_j = x_{j-1} - x_j \\ dy_j = y_{j-1} - y_j \end{array} \right\}, (j=1, 2, \dots, M) \dots\dots\dots (2)$$

를 구한다. 우선, dx_j 만을 고려하여 식을 전개하면 다음과 같다.

식(3)과 같이 부호 함수(sign function), Sp ,

(positive 부호 함수를 의미)와 Sn_j (negative 부호 함수를 의미),

$$\left. \begin{aligned} Sp_j &= +1, Sn_j = 0, & \text{if } \text{Sign}(dx_j) = \text{positive} \\ Sn_j &= +1, Sp_j = 0, & \text{if } \text{Sign}(dx_j) = \text{negative} \end{aligned} \right\},$$

$$(j=1, 2, \dots, M) \dots\dots\dots (3)$$

를 정의한다.

식(3)에서 구한 Sp_j 를 조사하여, Sp_j 가 영(zero)을 포함하지 않고 연속하여 +1을 갖는 부분 구간, $[a, b]$ 를 찾는다. 그리고, b 지점에서의 데이터 번호 j 에 대한 부호 누적 수(ACcumulated number of signs), ACp_j 를 다음 식(4)와 같이 구한다.

$$ACp_j = \begin{cases} \sum_{m=a}^b Sp_m, & (Sp_a = Sp_{a+1} = \dots = Sp_b = +1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\dots\dots\dots (4)$$

식(4)와 동일한 방법으로, 식(3)에서 구한 Sn_j 를 조사하여, Sn_j 가 영(zero)을 포함하지 않고 연속하여 +1을 갖는 부분 구간, $[c, d]$ 를 찾는다. 그리고, d 지점에서의 데이터 번호 j 에 대한 부호 누적 수, ACn_j ,

$$ACn_j = \begin{cases} \sum_{m=c}^d Sn_m, & (Sp_c = Sp_{c+1} = \dots = Sp_d = +1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\dots\dots\dots (5)$$

를 구한 후, 식(4)과 식(5)을 더하여 이 값을 경도 일가 함수에 대한 총 부호 누적 수, ACx_j ,

$$ACx_j = ACp_j + ACn_j, \dots\dots\dots (6)$$

로 한다. 다음에는, 식(2)의 dy_j 에 대하여 위의 식(3)에서 식(6)까지의 과정을 반복하여 위도 일가 함수에 대한 총 부호 누적 수, ACy_j ,

$$ACy_j = ACp_j + ACn_j, \dots\dots\dots (7)$$

를 구하고, 식(6)의 ACx_j 와 식(7)의 ACy_j 를 더하여 경위도 일가 함수에 대한 전체 부호 누적 수, AC_j ,

$$AC_j = ACx_j + ACy_j, \dots\dots\dots (8)$$

로 한다.

식(8)의 AC_j 를 조사하므로써, x_j 와 y_j 의 극값(extreme value)을 동시에 구할 수 있고, 동일한 데이터 번호 j 에서 x_j 와 y_j 의 극값이 겹쳐지는 공통 부분을 하나의 극값으로 처리할 수 있다. 이와 같이 AC_j 가 극값을 갖는 데이터 번호 j 에서는, x_{j-1} 과 x_{j+1} 또는, y_{j-1} 과 y_{j+1} 사이의 함수값 증감이 불연속 되는 위치임을 나타낸다. 이와 같은 방법으로 극값을 구하는 이유는, x_j 또는 y_j 의 미분 가능한 범위에서는 미분 계수가 영(zero)이 되는 지점을 찾으면 되지만, 미분 계수가 존재하지 않는 곳에서는 x_j 또는 y_j 앞 뒤 함수의 극값을 조사하므로써 극값을 찾을 수 있기 때문이다.

다음에는, AC , 요소 중에서 제일 큰 값부터 작은 값에 대한 데이터 번호, j 를 순서대로 구하기 위하여, AC_j 를 요소로 하는 수열, ACS (ACS에서 S는 Sequence 의미)를 다음 식(9)과 같이 나타낸다.

$$ACS = \{AC_j\}_{j \in J}, (j=1, 2, \dots, M) \dots\dots\dots (9)$$

J : 첨자의 집합으로서, $J = \{1, 2, \dots, M\}$.

그리고, 다음 식(10)과 같이 경계 값, C_{node} (C 는 Criterion 의미, 첨자는 node 의미)를 도입하여 AC_j 가 C_{node} 이상인 값만을 ACS 로 한다.

$$AC_j > C_{node} \dots\dots\dots (10)$$

다음에는 C_{node} 이상의 AC_j 로 구성된 ACS 에서, AC_j 의 값이 큰 것부터 작은 순서대로 선택하여 절점 수열의 후보, ACS_{node} ,

$$ACS_{node} = \{AC_i\}_{i \in I} \dots\dots\dots (11)$$

I : 첨자의 집합으로서, $I = \{1, 2, \dots, M\}$

N : 절점 수

를 만든다.

여기서, 식(9)의 AC_j 를 식(11)의 AC_i 로 선택하게 하는 관계를 다음 식(12)과 같이 표현하고,

$$j = f(i) \dots\dots\dots (12)$$

$f(i)$ 를 선택 함수라 한다. 선택 함수 $f(i)$ 는 i 번째의 절점으로서, 원래 수열에서 몇 번째 요소를 선택할 것인가를 나타낸다. $f(i)$ 를 이용하여 원래 해안선의 경위도 위치 함수, $P_j(x, y)$ 로 부터 새로 구성할 절점 위치 함수, $P_i(x, y)$ 를 다음 식(13)과 같이 나타낸다.

$$P_i = P_{f(i)} \dots\dots\dots (13)$$

식(13)에서, $P_{f(i)}$ 의 위 첨자 i 는 절점 수열 후보의 순위를 나타내고, 아래 첨자는 $j = f(i)$ 에 대한 $P_j(x, y)$ 가 선택됨을 나타낸다.

위에서 기술한 식(1)에서 식(13)까지가 해안선의 형태가 현저한 위치를 절점으로 선정하기 위한 계산 과정이다.

그리고, M 개의 원래 해안선 데이터를 N 개의 절점으로 재구성한 해안선 데이터의 압축률, CR (Compression Ratio의 의미)은 다음 식(14)과 같이 정규화된 압축률(%)로서 나타냈다.

$$CR = \frac{M-N}{M} \times 100(\%), (M > N) \dots\dots\dots (14)$$

또한, 원래 해안선에 대하여 N 개의 절점으로 압축하여 재구성한 해안선의 근사 오차, E 는 다음 식(15)와 같이 $x-y$ 좌표에서의 공간 거리로서 계산하였다.

$$E = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \sqrt{(x_j - x'_j)^2 + (y_j - y'_j)^2} \dots\dots\dots (15)$$

x_j 와 y_j : 원래 해안선 데이터의 좌표 값

x'_j 와 y'_j : 보간한 해안선의 좌표 값

2.2 절점의 보간

M 개의 원래 해안선 데이터에서 N 개($M > N$)로 압축한 데이터 점 사이는 3차 스플라인 함수를 이용한 보간과 직선 연결을 혼합 적용하였다. 해안선 데이터 압축에 적용하기 위한 스플라인 보간 이론을 고찰하면 다음과 같다[10].

실수 축을, $-\infty = t_0 < t_1 < \dots < t_n < t_{n+1} = \infty$ 과 같이 $(n+1)$ 개의 구간으로 분할할 때, 다음의 조건을 만족하는 $S(x)$ 를 p 차의 스플라인 함수라고 한다.

조건 1). 각 구간 $[t_i, t_{i+1}]$ ($i=0, 1, 2, \dots, n$)에서 $S(x)$ 는 p 차 또는, 그 이하의 함수이다.

조건 2). $S(x)$ 의 $(p-1)$ 차까지의 도함수는 전 구간에서 연속이다.

여기서, t_1, t_2, \dots, t_n 을 스플라인 함수의 절점(node)이라 한다. 일반적으로, $(n+1)$ 개의 전구간을 1개의 다항식을 이용하여 근사하게 되면, 변화가 작은 영역에서의 근사 정밀도는 낮게 된다. 그러나, 스플라인 함수를 이용하게 되면, 구간마다 서로 다른 다항식을 이용하여 근사하기 때문에 변화가 작은 영역에서도 근사 정밀도는 높게 된다.

그리고, $a = x_0 < x_1 < \dots < x_m = b$ 로 주어진 $[a, b]$ 구간에서, 데이터 점 $x_0, x_1, x_2, \dots, x_m$ ($x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_m$)에 대한 함수 값, $y_j = f(x_j)$ ($j=0, 1, 2, \dots, m$)가 주어졌을 때, $S(x_j) = f(x_j)$ 를 만족하는 스플라인 함수 $S(x)$ 를 구하는 문제를 스플라인 보간이라 한다.

이 연구에서는 기존의 스플라인 함수를 이용한 곡선 근사 연구[9~12]등을 참고하여 3차의 스플라인 함수를 보간에 적용하였다.

그리고, 식(16)과 같은 경계 값, C_{Spline} 을 도입하여,

$$AC_i > C_{Spline} \dots\dots\dots (16)$$

C_{Spline} 이상의 값 AC_i 에 대한 i 에서의 위치 함수, P_i 와 P_{i-1} 사이는 3차 스플라인 보간을 적용하고, 그 외의 절점 사이는 직선으로 연결하였다. 또한, P_i 와 P_{i-1} 사이에 스플라인 보간을 적용하기 위하여 P_i 와, P_{i-1} 위치 사이의 2등분 위치 즉, $\frac{f(i) + f(i-1)}{2}$ 에 대한 $P_j(x, y)$ 를 새로운 절점으로 추가하였다.

이와 같이 절점 구간을 분리하는 이유는, 부호

누적 수, AC_i 가 C_{Spline} 이상인 부분 즉, 절점 사이의 공간 거리가 긴 부분에는 스프라인 보간을 적용하고, 그외의 절점 사이는 직선으로 연결하므로써, 스프라인 보간에 요구되는 시간을 가능한 줄이기 위한 것이다.

3. 실험

3.1 해안선 데이터의 변환

그림 1은 종이 해도에 그려진 해안선의 경위도 위치를 수치화 하기 위한 실험 장치의 구성도이다.

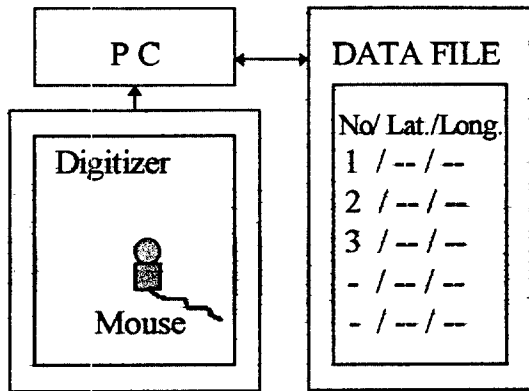


Fig.1 Configuration of experimental set-up for the digitization of coastline in a paper chart.

그림 1에서, 디지털라이저(Digitizer)에 종이 해도를 올려놓고, 마우스(Mouse)를 이용하여 수치화 하려는 해안선의 x-y 좌표 값을 PC에 입력한다. PC에 입력된 데이터는 x-y 좌표 원점을 기준으로 구성되기 때문에, 경위도 함수의 데이터로 변환하여 데이터 파일을 구축하였다. 실험에 이용한 종이 해도는 진해만(Chinhae Bay)의 한국 해도 No.204이고, 위도 35-02.82N, 경도 128-26.54E에서 위도 35-02.62N, 경도 128-27.75E에 형성되어 있는, 거제도 북부 해안선을 0.05'(=3")의 등간격으로 164점 샘플링한 후, 수치화한 데이터를 실험에 사용하였다.

그림 2는, 그림 1의 실험 장치를 이용하여 얻은 164개의 해안선 데이터 점 사이를 단순히 직선으

로 연결하여 구성한 해안선이다(이하 원래 해안선이라 한다). 여기서, 'o'으로 표시한 위치는 164개의 경위도 데이터 각각의 위치를 나타낸다.

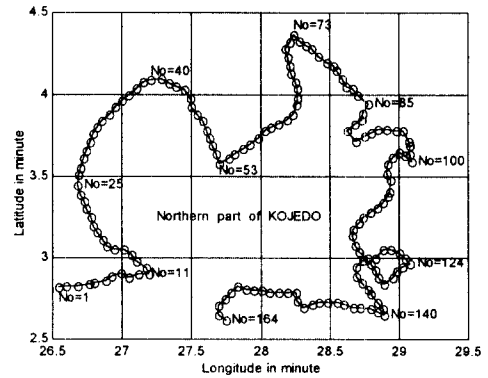


Fig. 2 Reproduced coastline of the northern part of GEOJEDO with 164 sample points.

그림 2의 경위도 단위는, '도-분(degree-minute)'에서 '도(degree)'를 제외한 분(minute)만을 간단히 나타낸 것이다. 그리고, 35-02.82N, 128-26.54E 위치를 시작점으로 정하여, 이 데이터에 1번을 부여하고, 35-02.62N, 128-27.75E 위치를 끝점으로 정하여 164번을 부여하였다.

그림 2의 원래 해안선 형태를 살펴보면, 완만한 곡선이나 직선과 유사한 부분 그리고, 곡각진 부분 등, 해안선이 다양한 형태를 갖고 있다. 이러한 형태에서, 완만한 곡선이나 직선이 끝나는 돌출 부분, 곡각진 부분 등이 항해에서 위치 기점으로 사용되는 현저한 지형으로 고려할 수 있다. 그림에 표시한 데이터 번호, 11, 25, 40, 53, 73, 85, 100, 124, 140 등이 그 예이다.

그림 3은, 그림 2에 표시된 경도와 위도의 이가 함수(two-valued function)로 구성된 164개의 데이터를 경도 일가 함수, x , 와 위도 일가 함수, y ,로 변환한 결과이다. 이 그림을 살펴보면, x ,에서의 데이터 번호 $j=11, 25, 124, 140$ 등과, y ,에서의 데이터 번호 $j=40, 53, 73, 100, 140$ 등의 위치에서 극 값이 발생함을 시각적으로 확인할 수 있다. 이러한 극 값 위치의 데이터 번호, j 는 그림 2에서

의 현저한 지형으로 고려한 데이터 번호, j 와 일치함을 알 수 있다.

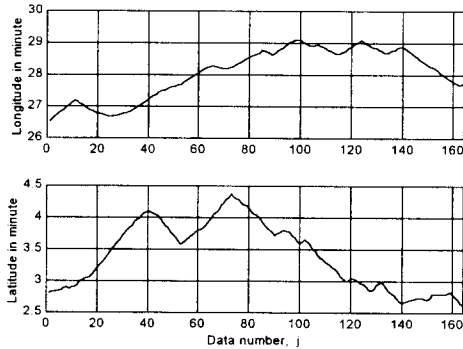


Fig. 3 One-valued functions, x_j (top) and y_j (below).

3.2 해안선 데이터 압축 결과

그림 4는, $C_{node} = 2$, $C_{spline} = 4$ 로 했을 때 계산된 절점 위치, $P_i(x, y)$ 를 그림 2의 원래 해안선에 나타낸 것이다.

그림 4에서, 'o' 표시는, $C_{node} = 2$ 일 때 선정된 절점 위치 53개(여기서, 그림 3의 x_j 와 y_j 에서 중복 선정된 절점은 하나의 공통 절점으로 처리하였다)를 나타내고, 'x' 표시는, $C_{spline} = 4$ 로 할 때 추가로 계산된 스플라인 적용 구간의 2등분 점 13

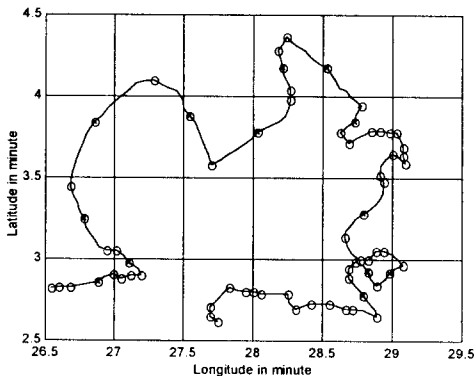


Fig. 4 Results for the node point selection in $C_{node} = 2$ and $C_{spline} = 4$.

개를 나타낸다. 따라서, 발생한 절점 수, $N = 66$ 이고, 식(14)으로 계산한 압축률, $CR = 59.8\%$ 가 된다. 이 그림을 살펴보면, 해안선 형태의 곡각진 모든 위치가 절점으로 선정되어 있다.

그림 5는, 그림 4에 표시한 절점 위치 중에서, 'x' 표시의 앞 뒤 절점 사이는 3차 스플라인 보간을 적용하고, 그 외의 부분은 직선으로 연결하여 구성한 해안선을 원래 해안선에 겹쳐서 표시한 것이다.

다음에는, 이 연구에서 제안한 방법의 유용성을 비교 평가하기 위하여, 다음과 같은 2가지 방법을 도입하였다.

[비교 방법-1]: 그림 5의 66개 절점 데이터에 대하여 스플라인 보간을 적용하지 않고, 직선으로만 연결.

[비교 방법-2]: 기존에 사용되고 있는 방법으로서, 그림 2에 표시된 164개의 원래 해안선 데이터에서 66개의 데이터를 근사 등간격으로 샘플링하여 절점으로 정한 후, 절점 사이를 직선으로 연결.

따라서, 2가지 비교 방법 모두 $CR = 59.8\%$ 가 된다. 그림 6은 [비교 방법-1], 그림 7은 [비교 방법-2]를 이용하여 재구성한 해안선이다.

그림 6과 그림 7은, 재구성한 해안선을 원래 해안선에 겹쳐서 표시한 것이다. 그림 6에서, 66개의 절점을 직선으로 연결한 결과, 그림 5의 결과 보다 원래 해안선과 형태가 불일치 되는 부분이 다수 발생하고 있음을 시각적으로 확인할 수 있다.

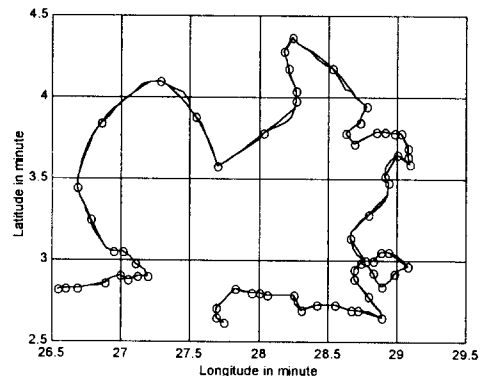


Fig. 5 Reproduced coastline by the proposed method.

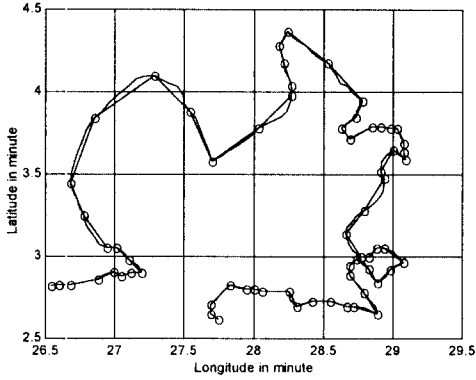


Fig. 6 Reproduced coastline by the [reference method-1].

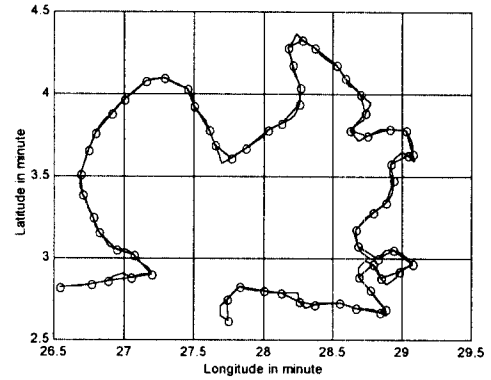


Fig. 7 Reproduced coastline by the [reference method-2].

그림 7에서, 'o' 표시는 근사 등간격으로 샘플링한 66개의 위치를 나타낸다. 이 그림을 살펴보면, 그림 5의 해안선 보다 원래 해안선에 일치하는 정도가 시각적으로 우수한 것으로 보여진다. 그러나, 향해 기점으로 사용되는 꼭각진 부분에서는 불 일치되는 부분이 다수 발생하고 있다. 이러한 그림 7이 기존의 디지털 해도에서의 해안선 구성에 대한 전형적인 결과로서, 원래 해안선에서의 중요한 기점 위치가 디지털 해도에서는 다르게 되는 문제로 나타나게 된다.

그림 8은 위의 그림 5~7에 사용된 3가지 방법에 대하여 압축률, CR을 변경하면서 계산한 원래 해안선에 대한 근사오차, E를 나타낸다.

그림 8에서, 이 연구에서 제안한 방법의 오차(A)가 가장 작고, 다음으로 비교 방법-1(B), 비교 방법-2(C)의 순서로 작게 나타난다. 한 예로서, CR=60%의 경우 즉, 164개의 해안선 데이터 중에서 82개가 절점으로 선택된 경우, A 그래프는 평균 오차가 0.001인 반면, B 그래프는 0.018, C 그래프는 0.06을 나타낸다. 여기서, 오차가 0.001이라는 의미는, 해도 상에서의 평균 거리 오차가 0.001'임을 나타낸다. 1'을 해리로서 1852m로 할 때, 0.001'은 1.85m의 평균 거리 오차를 나타내고, 0.018'은 33.34m, 0.06'은 111.12m의 평균 거리 오차를 나타낸다. 그리고, CR이 증가할수록 즉, 적은 수의 데이터를 이용하여 해안선을 재구성할 수

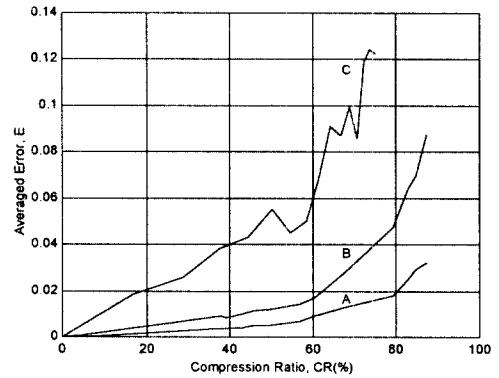


Fig. 8 Fitting error, E for the three methods with various CR. (Graph A: Proposed method, Graph B: Reference method-1, Graph C: Reference method-2).

록 A와 B 그리고, C 그래프 사이의 차이는 더욱 크게 증가함을 나타내고 있다.

따라서, 해안선이 현저한 위치를 절점으로 선정하는 방법(A)이 근사 등간격으로 절점을 선정하는 기존 방법(C)과 비교하여 해안선 근사 오차가 작고, 스프라인 보간과 직선 연결을 혼합한 절점 연결 방법(A)이 직선만으로 연결하는 방법(B)과 비교하여 근사 오차가 작음을 확인할 수 있다. 그리고, 이 연구에서 제안한 절점 선정 방법으로 구한 절점에 대하여, 모두 스프라인 보간을 적용하여 절

점을 연결할 때와, 직선만으로 연결할 때, 그리고, 스프라인 보간과 직선 연결을 혼합 적용하여 연결할 때의 해안선 재구성에 요구되는 경과 시간에 대해서는 다음 연구 과제로 둔다.

4. 결 론

항해 기점으로 사용되는 해안선의 현저한 위치를 절점 위치로 선정하고, 절점 사이의 공간 거리가 긴 부분에 스프라인 함수를 적용하는, 새로운 해안선 데이터 압축 이론과 방법을 제안하였다. 제안한 방법은, 근사 등간격 샘플링에 의한 절점 선정과 이 절점을 직선으로 연결하는 기존 데이터 압축 방법과 비교 평가하였다.

거제도 북부 해안선을 대상으로 실험한 결과, 제안한 방법으로 구성된 해안선은 원래 해안선에서의 현저한 해안 형태를 충실하게 재현할 수 있었고, 원래 해안선과의 근사 정밀도가 가장 높은 결과를 나타내었다. 따라서, 이 연구에서 제안한 방법은, 적은 수의 데이터로서 해안선 위치 정밀도가 높은 디지털 해도 제작에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

앞으로 이 연구는, 우리 나라 전역에 대한 디지털 해도의 해안선을 정밀도 높게 재현하기 위한 실용화 연구가 지속적으로 필요하다.

참 고 문 헌

[1] International Hydrographic Organization (IHO), *Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS*, IHO, Vol.52, 1993.

- [2] Harmonization Group on ECDIS (HGE), *Performance Standard for Electronic Chart Display and Information System(ECDIS)*, IMO, 1992.
- [3] Harmonization Group on ECDIS (HGE), *Draft Performance Standard for Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)*, IMO, 1993.
- [4] *Technical Manual for PATHFINDER/ST(ECDIS C20)*, Raytheon Electronics(UK).
- [5] *Technical Manual for NAVI SAILOR 2400(Ver.2.1)*, Transas Marine.
- [6] *Technical Manual for ECDIS*, Kelvin Hughes.
- [7] H. Wake and S. Takaoka, "On the Display Method of Electronic Chart," *J. Navigation Soc. of Jpn.*, Vol.79, pp.47~53, 1988.
- [8] K. Takada, "Electronic Chart Display and Information System(ECDIS)," *J. Navigation of Jpn.*, Vol.126, pp.46~52, 1995.
- [9] N. Ishimura, "A Study On the Point Reduction in Digital Maps-1," *J. Navigation Soc. of Jpn.*, Vol.68, pp.129~137, 1983.
- [10] Erwin Creyszing, *Advanced Engineering Mathematics*, Fifth Ed., Vol.2, pp.781~785, John Wiley and Sons, 1983.
- [11] N. Ishimura, "A Study On the Point Reduction in Digital Maps-2," *J. Navigation Soc. of Jpn.*, Vol.70, pp.19~29, 1984.
- [12] 임정빈, 김종선, "디지털 해도의 데이터 압축에 관한 연구," 해군해양연구소 97년도 최종 연구보고서, 1997. 12.